NGUYỄN HỒNG THÁI

PHẦN TỬ TỰ ĐỘNG TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

PTS. NGUYỄN HỒNG THÁI

PHẦN TỬ TỰ ĐỘNG
TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN

In lần thứ 3 có sửa chữa, bổ sung

Sách chào mừng 50 năm thành lập Trường Đại học Bách khoa Hà Nội



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI –2006

LỜI NÓI ĐẦU

Sản xuất, truyền tải và phân phối điện năng là quá trình đồng bộ, có tổ chức và trải rộng trên phạm vi toàn lãnh thổ. Sản phẩm của quá trình đó là dòng điện được cung cấp đến nơi tiêu thụ với đòi hỏi chất lượng ngày càng cao. Trên thực tế điều này không thể thực hiện được nếu thiếu sự trợ giúp của các thiết bị tự động. Trong ngành điện lực, các thiết bị này đa dạng về chủng loại, phức tạp về cấu tạo. Đặc biệt ở nước ta, do chưa có điều kiện tự chế tạo nên chúng có nguồn gốc từ nhiều nước với các năm sản xuất khác nhau và thế hệ công nghệ khác nhau, do đó đã gây khó khăn không nhỏ cho người sử dụng trong việc vận hành, khai thác và bảo dưỡng kỹ thuật. Hơn nữa, các thiết bị tự động đề cập ở đây mang nhiều nét đặc thù chỉ có riêng trong ngành điện lực, vì vậy để hiểu rõ chúng, ngoài các kiến thức sâu về điện tử, tự động, cần phải nắm vững các chế độ làm việc của hệ thống điện với các quá trình diễn ra tại đây.

Cuốn "PHẦN TỬ TỰ ĐỘNG TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN" này là một trong những cố gắng đầu tiên nhằm hệ thống lại các kiến thức cơ bản về các thiết bị tự động dùng trong ngành điện lực. Cuốn sách gồm 10 chương và phụ lục với các nội dung chính sau đây.

Chương một trình bày các khái niệm chung về các phần tử tự động dùng trong ngành điện lực. Một phần lớn nội dung của cuốn sách gồm các chương hai, ba, sáu, bảy và tám được dành để giới thiệu chi tiết về nguyên lý làm việc, đặc tính của các rơle bảo vệ với các thế hệ công nghệ khác nhau. Để bổ sung các kiến thức cơ bản về điện tử giúp cho bạn đọc nắm vững hơn nội dung của cuốn sách, trong chương bốn và chương năm tác giả đã trình bày nguyên lý làm việc, các sơ đồ ứng dụng của các linh kiện bán dẫn tương tự và số. Chương chín giới thiệu các loại phần tử thời gian thế hệ công nghệ cũ và mới. Các phương thức truyền tin và các thiết bị tự động phục vụ cho công tác điều độ ngành điện lực được trình bày trong chương mười. Đặc biệt, để minh họa nội dung các chương và làm tăng khả năng truyền đạt thông tin, tác giả đã sử dụng một số lớn các sơ đồ, hình vẽ, tranh ảnh, bảng biểu so sánh... trong từng chương và nhất là trong phần phụ lục. Các vấn đề được sắp xếp có hệ thống, trình bày theo phương pháp định tính với mục đích sử dụng hơn là thiết kế các phần tử tự động.

Cuốn sách được viết chủ yếu nhằm phục vụ các kỹ sư, cán bộ kỹ thuật, sinh viên, học sinh cao đẳng ngành "**Hệ thống điện**"*, đặc biệt là các cán bộ đang làm công tác thiết kế, lắp đặt, vận hành và bảo dưỡng các thiết bị bảo vệ rơle, tự động điều khiển, tự động hóa công tác điều độ trong ngành điện lực. Nó cũng có thể được dùng làm tài liệu tham khảo bổ ích cho các đề tài nghiên cứu*

khoa học, các chương trình chế tạo thử nghiệm các thiết bị tự động trong định hướng phát triển nền công nghiệp nội sinh của nước ta.

Do vấn đề được đề cập đến khá rộng lớn trong khi khuôn khổ cuốn sách có hạn, lại do điều kiện thiếu thông tin nên chắc chắn cuốn sách không tránh khỏi có sai sót, nhầm lẫn không đáng có cũng như các suy luận phiến diện, cách trình bày sơ sài... Tác giả chân thành mong nhận được các nhận xét, góp ý của bạn đọc gần xa.

Địa chỉ liên hệ: - NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT - 70 Trần Hưng Đạo, Hà Nội.

Tác giả
PTS. Nguyễn Hồng Thái

Chương 1

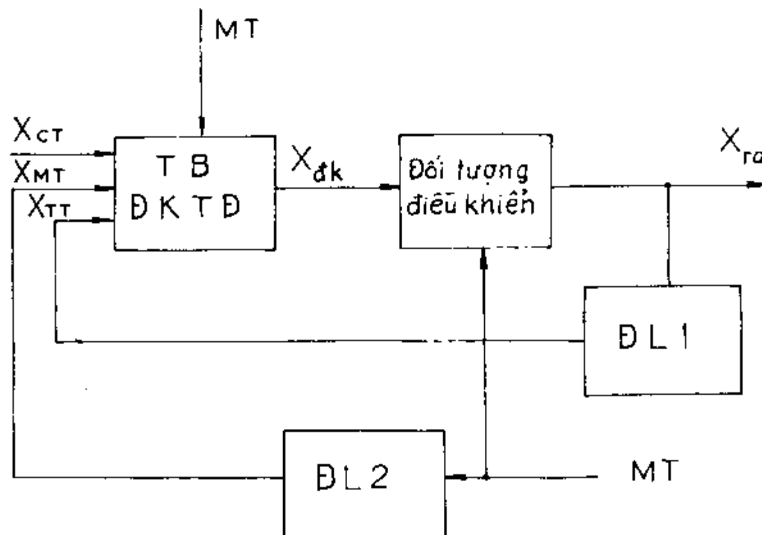
KHÁI NIỆM CHUNG VỀ CÁC PHẦN TỬ TỰ ĐỘNG TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN

1.1. CHỨC NĂNG CỦA CÁC THIẾT BỊ TỰ ĐỘNG TRONG NGÀNH ĐIỆN LỰC

Thiết bị tự động là thiết bị có khả năng thực hiện được các chức năng xác định trước mà không cần đến sự tham gia trực tiếp của con người. Sự ra đời của thiết bị tự động là nhằm thay thế con người trong các quá trình sản xuất đòi hỏi độ chính xác cao hay tốc độ nhanh, trong các điều kiện làm việc độc hại, quá sức hoặc đơn điệu đối với con người. Mức độ tự động hóa phần nào phản ánh trình độ công nghệ của qui trình sản xuất, nó có liên quan chặt chẽ đến chất lượng và giá thành của sản phẩm làm ra. Điều này đặc biệt thể hiện trong quá trình sản xuất, truyền tải, phân phối và tiêu thụ năng lượng điện.

Các thiết bị tự động hóa sử dụng phục vụ hệ thống điện lực có những chức năng sau đây:

- Ngắt các mạng điện cục bộ ra khỏi mạng lưới điện quốc gia trong trường hợp hỏng hóc bằng các thiết bị bảo vệ rơle;
- Điều khiển chất lượng dòng điện (cường độ dòng, điện áp, tần số v.v...) bằng các thiết bị điều chỉnh;
- Ngăn chặn trước và hạn chế các hỏng hóc của toàn mạng lưới điện bằng các thiết bị phòng ngừa;



Hình 1-1. Sơ đồ khối của hệ thống tự động trong ngành điện lực.

- Nâng cao độ tin cậy và đảm bảo thông tin trong việc giám sát và điều khiển các tham số của mạng lưới điện bằng các thiết bị thu thập thông tin, truyền tin, xử lý tin và điều khiển từ xa, phục vụ cho công tác điều độ.

Sơ đồ khối chung của một hệ thống điều khiển (*ĐK*) mạng lưới điện lực điển hình được trình bày trên hình 1-1. Có thể xét sơ đồ này cho trường hợp hệ thống bảo vệ rơle của máy phát điện như sau:

Các tham số đầu ra X_{ra} (điện áp, cường độ dòng...) của đối tượng điều khiển (máy phát) được ghi lại bởi bộ đo lường 1 (*ĐL1*) (cuộn biến dòng, biến áp) và cung cấp thông tin trạng thái X_{TT} cho thiết bị điều khiển tự động (*TBĐKTĐ*). Thiết bị này còn tiếp nhận thông tin về môi trường X_{MT} (nhiệt độ, độ ẩm) để hoạt động theo chương trình điều khiển X_{CT}, trên cơ sở đó tạo ra tác động điều khiển X_{dk} (đóng, ngắt, chỉnh..) đối với đối tượng điều khiển, nhằm giữ đại lượng đầu ra X_{ra} trong khoảng giá trị cho trước.

1.2. DẠNG CÁC PHẦN TỬ TỰ ĐỘNG

Tồn tại hai loại phần tử tự động: phần tử thụ động và phần tử hoạt tính. Khác với phần tử thụ động, phần tử hoạt tính nhận năng lượng từ nguồn phụ, do đó công suất tín hiệu ra có thể cao hơn công suất tín hiệu đầu vào.

Thông tin được truyền trong thiết bị điều khiển tự động theo hai dạng: liên tục hay rời rạc. Thông tin liên tục được dùng phần lớn trong các thiết bị tương tự mô phỏng theo giá trị điện áp, dòng điện không gián đoạn về thời gian cũng như về giá trị. Còn thông tin rời rạc có thể gián đoạn về thời gian cũng như về giá trị.

Một vài phần tử tự động có đặc điểm là chúng chỉ tác động theo một chiều, ở đó tín hiệu được truyền từ đầu vào tới đầu ra, phần tử loại này gọi là phần tử hở. Ở một số phần tử khác, tín hiệu ra ảnh hưởng đến tín hiệu vào, một phần năng lượng tín hiệu được truyền ngược từ đầu ra đến đầu vào, nói cách khác ở đây có hồi tiếp giữa đầu ra và đầu vào của phần tử tự động. Loại phần tử này gọi là phần tử có hồi tiếp trong hay phần tử kín.

1.3. ĐẶC TÍNH CỦA PHẦN TỬ TỰ ĐỘNG

Đặc trưng của phần tử tự động là hàm biến đổi $X_r = f(X_v)$, ở đây X_r là tín hiệu ra, X_v - tín hiệu vào.

Đối với các phần tử liên tục, người ta dùng hàm truyền tải tĩnh:

$$K_{tt} = \frac{X_r}{X_v} \qquad (1\text{-}1)$$

hoặc hàm truyền tải tức thời, hay hàm truyền tải động ở điểm X_{vo} (hình 1-2):

$$K_{tt}\Big|_{X_v = X_{vo}} = \lim_{\Delta X_v \to 0} \frac{\Delta X_r}{\Delta X_v}\Big|_{X_v = X_{vo}} = \frac{dX_r}{dX_v}\Big|_{X_v = X_{vo}} \qquad (1\text{-}2)$$

Ở đây Δ chỉ miền biến thiên của tín hiệu.

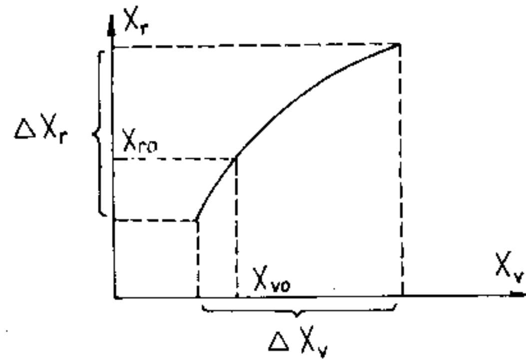
Trên hình 1-3 biểu diễn quan hệ $X_r = f(X_v)$ có bước nhảy tại điểm X_{vd} ($X_{\text{vào-tác động}}$). Ở thời điểm này chúng ta có:

$$K_{tt}\Big|_{X_v = X_{vd}} \to \infty$$

Đối với phần tử kín có hồi tiếp (dương hoặc âm) như ở hình 1-4, ta có thể viết được hàm truyền tải của toàn mạch kín theo hàm truyền tải của mạch hở W_1 và mạch hồi tiếp W_2:

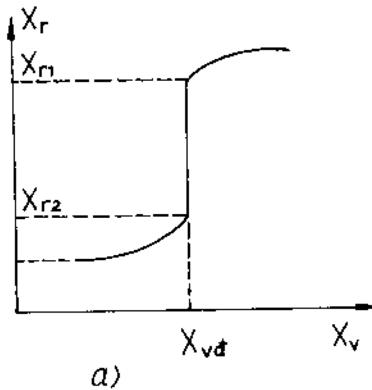
$$K_{tt} = \frac{W_1}{1 \pm W_1 W_2} \qquad (1\text{-}3)$$

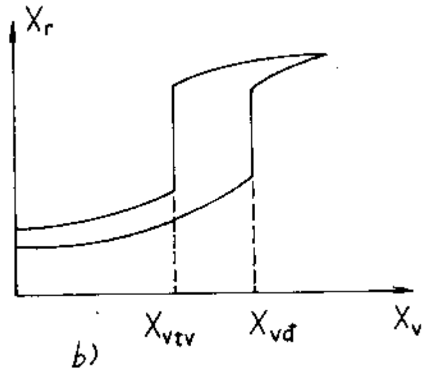
Dấu trừ ở mẫu số dùng trong trường hợp hồi tiếp dương, dấu cộng dùng trong trường hợp hồi tiếp âm.



Hình 1-2. Hàm truyền tải tĩnh và động

Tại thời điểm có bước nhảy từ X_{r1} đến



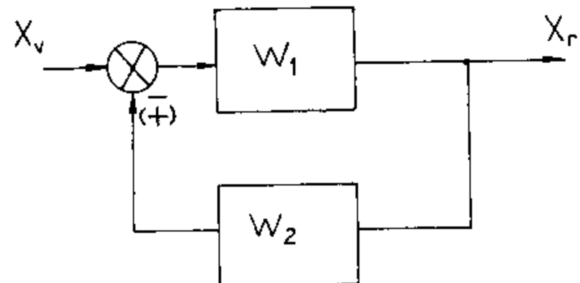


Hình 1-3. Đặc tuyến kiểu rơle

X_{r2}, giá trị tức thời của mẫu số biểu thức (1-3) phải bằng 0, tức là tồn tại thời điểm khi (chỉ xảy ra với hồi tiếp dương):

$$W_1 . W_2 \geq 1 \qquad (1\text{-}4)$$

Muốn điều kiện (1-4) xảy ra thì ít nhất một trong hai hệ số W_1 hoặc W_2 phải lớn hơn 1, có nghĩa là một trong hai phần tử đã nêu phải là hoạt tính, chỉ khi đó phần tử tự động mới có thể có hàm biến đổi kiểu rơle.



Hình 1-4. Phần tử có hồi tiếp

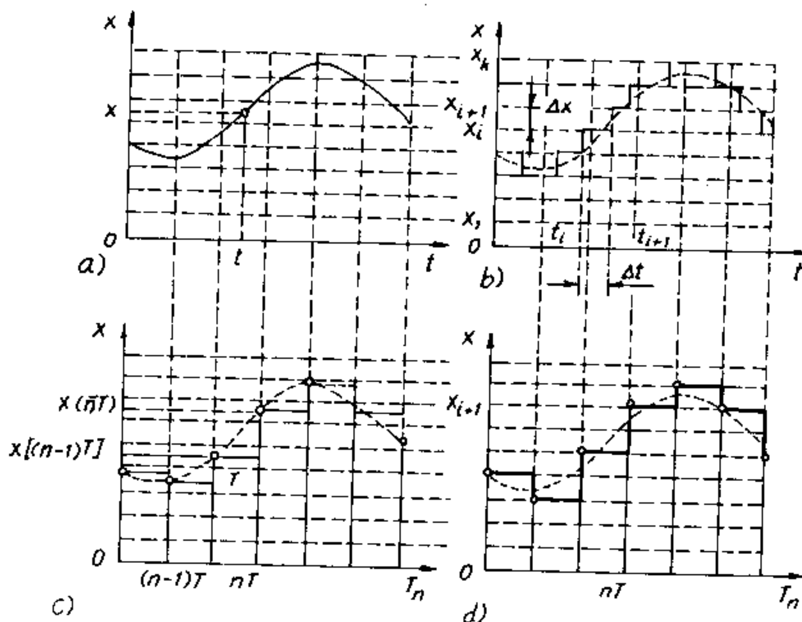
Trên hình 1-3b mức độ hồi tiếp dương của phần tử được xác định bởi độ chênh giữa tham số tác động X_{vd} và tham số trở về khi tác động X_{vtv}:

$$K_{tv} = \frac{X_{vtv}}{X_{vd}} \qquad (1\text{-}5)$$

1.4. CÁC DẠNG TÍN HIỆU TRONG PHẦN TỬ TỰ ĐỘNG

Các thiết bị tự động sử dụng trong quá trình sản xuất, truyền tải và phân phối điện năng, thường dùng tín hiệu điện để truyền dẫn thông tin. Các dạng tín hiệu điện này có thể được phân loại thành tín hiệu liên tục và rời rạc.

Tín hiệu gọi là liên tục nếu tham số thông tin có thể có giá trị bất kỳ tại thời điểm bất kỳ trong miền thay đổi của nó (hình 1-5a). Như vậy tín hiệu kiểu này liên tục về mặt thời gian cũng như mức năng lượng.



Hình 1-5. Các tín hiệu liên tục (a), rời rạc (b, c) và số (d) trong các phần tử tự động

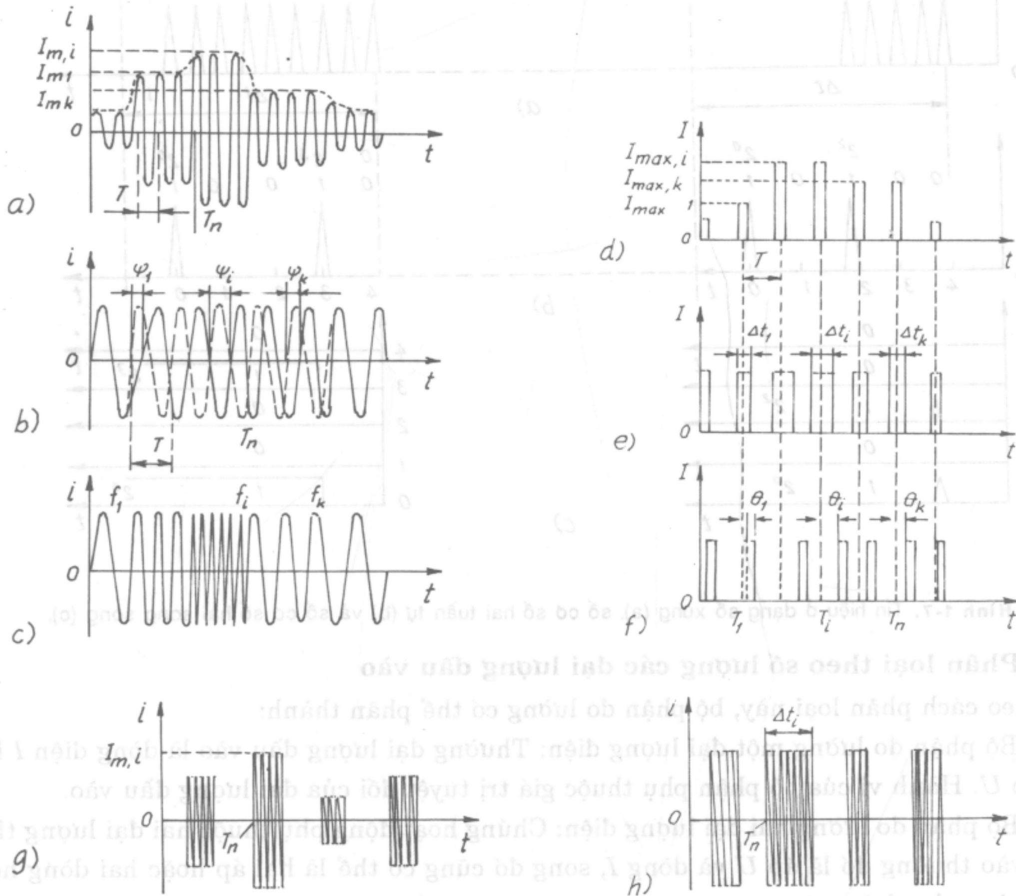
Tín hiệu rời rạc có tham số mang thông tin ít nhất bị gián đoạn hoặc về thời gian hoặc về mức năng lượng (hình 1-5b, 1-5c). Một trong những loại tín hiệu rời rạc khi có giá trị gián đoạn về cả mức năng lượng và thời gian, được gọi là tín hiệu số (hình 1-5d).

Các tín hiệu liên tục có thể được biến đổi và truyền đi nhờ các sóng mang, sử dụng công nghệ biến điệu. Các dạng biến điệu gồm có: biến điệu biên độ (hình 1-6a), biến điệu pha (hình 1-6b) và biến điệu tần (hình 1-6c). Ở đây người ta sử dụng tương ứng biên độ, độ lệch pha và tần số của sóng mang để truyền dẫn thông tin.

Tương tự như vậy, người ta cũng có thể sử dụng các tín hiệu rời rạc trong lĩnh vực truyền tin. Hình 1-6d giới thiệu dạng thông tin được mã hóa trong biên độ cực đại của xung, hình 1-6e - dạng thông tin được mã hóa theo độ rộng xung, hình 1-6f - dạng thông tin được mã hóa theo độ lệch pha của xung vuông. Thông tin cũng có thể được mang trong biên độ của xung cao tần (hình 1-6g) hoặc số lượng xung cao tần (hình 1-6h).

Tín hiệu số có thể được sử dụng ở dạng số xung (hình 1-7a), số cơ số hai tuần tự (hình 1-7b), số cơ số hai song song (hình 1-7c). Tín hiệu tuần tự chỉ cần một đường truyền song

thời gian truyền tin lâu hơn. Truyền tín hiệu cơ số hai n bit (bit ở đây chỉ chữ số) theo kiểu song song cần tới n dây dẫn, song thời gian truyền tin được rút ngắn, vì vậy thường được dùng trong nội bộ thiết bị số để tăng vận tốc xử lý thông tin.



Hình 1-6. Tín hiệu ở dạng tương tự (biến điệu biên độ (a), biến diệu pha (b), biến điệu tần (c)) ở dạng rời rạc (biên độ cực đại (d), độ rộng xung (e), độ lệch pha (f) và ở dạng xung cao tần (biên độ xung (g) và số xung (h)).

1.5. PHÂN LOẠI CÁC BỘ PHẬN ĐO LƯỜNG CỦA PHẦN TỬ TỰ ĐỘNG

Nhiệm vụ của bộ phận đo lường là tạo ra các tín hiệu làm việc tương ứng với các tin tức thu thập được từ đối tượng điều khiển.

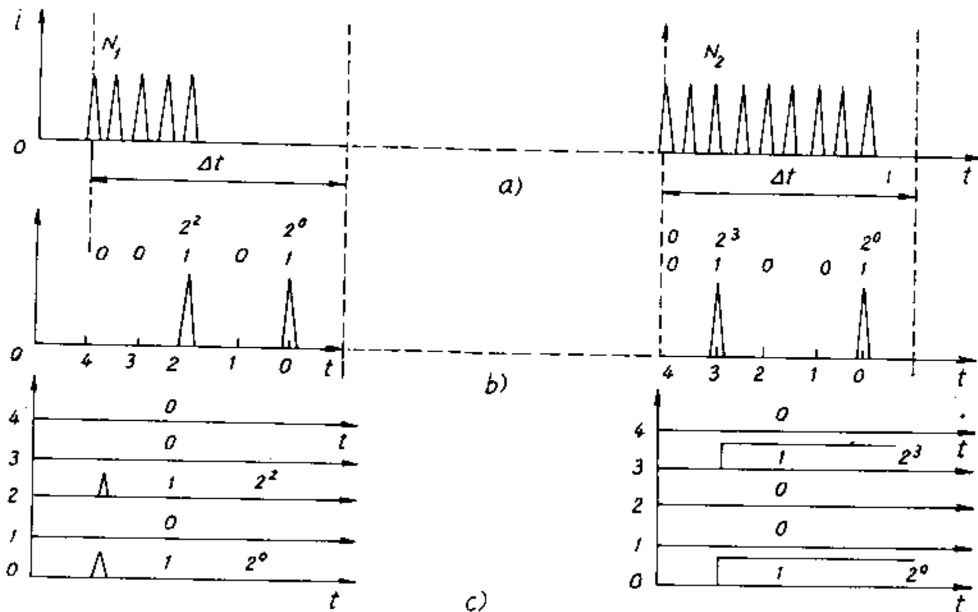
1.5.1. Phân loại theo dạng tín hiệu đầu ra

Tùy theo dạng tín hiệu đầu ra, bộ phận đo lường có thể phân loại thành:

1. Bộ phận đo lường với tín hiệu ra liên tục: Bộ phận loại này chỉ chứa sơ đồ đo lường và là một bộ biến đổi tín hiệu đầu ra phụ thuộc tín hiệu đầu vào theo hàm: $X_r = f(X_v)$. Chúng không chứa sơ đồ so sánh.

2. Bộ phận đo lường với tín hiệu ra rời rạc: Bộ phận gồm hai phần chính: sơ đồ đo lường và sơ đồ so sánh. Đại lượng đầu ra của bộ đo là đại lượng rời rạc, thường nhận một

trong hai giá trị chuẩn.



Hình 1-7. Tín hiệu ở dạng số xung (a), số cơ số hai tuần tự (b) và số cơ số hai song song (c).

1.5.2. Phân loại theo số lượng các đại lượng đầu vào

Theo cách phân loại này, bộ phận đo lường có thể phân thành:

1. Bộ phận đo lường một đại lượng điện: Thường đại lượng đầu vào là dòng điện I hay điện áp U. Hành vi của bộ phận phụ thuộc giá trị tuyệt đối của đại lượng đầu vào.

2. Bộ phận đo lường hai đại lượng điện: Chúng hoạt động phụ thuộc hai đại lượng thực ở đầu vào thường đó là áp U và dòng I, song đó cũng có thể là hai áp hoặc hai dòng hoặc là các hàm của chúng.

3. Bộ phận đo lường ba đại lượng điện và nhiều hơn: Đầu vào các bộ phận đo lường loại này có ba hay nhiều hơn các đại lượng thực. Ví dụ, rơle định hướng công suất ba pha, rơle so lệch có hai hay nhiều cuộn hãm v.v...

1.5.3. Phân loại theo nguyên tắc làm việc của sơ đồ so sánh

Nói chung người ta thường dùng hai nguyên tắc chính:

1. So sánh hai đại lượng điện theo giá trị tuyệt đối.

2. So sánh hai đại lượng điện theo giá trị góc pha.

Nguyên tắc so sánh giá trị tuyệt đối có thể dùng cho dòng một chiều cũng như xoay chiều hình sin. Hơn thế, nó có thể dùng so sánh hai đại lượng hình sin có tần số khác nhau cũng như cho phép so sánh giá trị hiệu dụng (hoặc giá trị trung bình hay biên độ) của đại lượng hình sin với đại lượng một chiều.

Tín hiệu đầu ra nhận một giá trị (sơ đồ tác động) khi:

$$E_1 > E_2 \tag{1-6}$$

và nhận giá trị khác (sơ đồ không tác động) khi điều kiện (1-6) không được thỏa mãn.
E_1, E_2 - giá trị tuyệt đối các đại lượng điện.

Nguyên tắc so sánh góc pha chỉ dùng cho hai đại lượng hình sin có cùng tần số. Sơ đồ tác động khi:

$$\varphi_1 < (\widehat{\dot{E}_1, \dot{E}_2}) < \varphi_2 \qquad (1\text{-}7)$$

và không tác động khi điều kiện (1-7) không được thỏa mãn.

Ở đây:

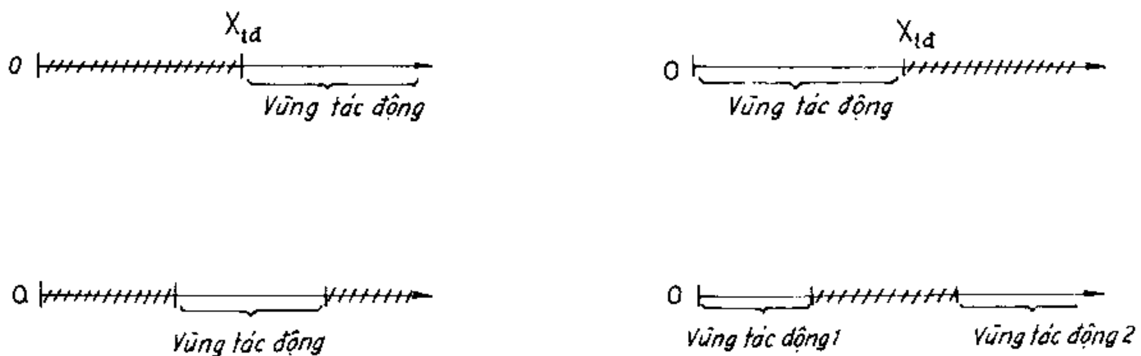
$\dot{E}_1$, $\dot{E}_2$ - vectơ các đại lượng cần so sánh ở đầu vào.

$(\widehat{\dot{E}_1, \dot{E}_2})$ - góc giữa các vectơ tính theo chiều ngược kim đồng hồ.

φ_1, φ_2 - các giá trị góc không đổi cho trước.

1.6. BỘ PHẬN ĐO LƯỜNG MỘT ĐẠI LƯỢNG ĐIỆN

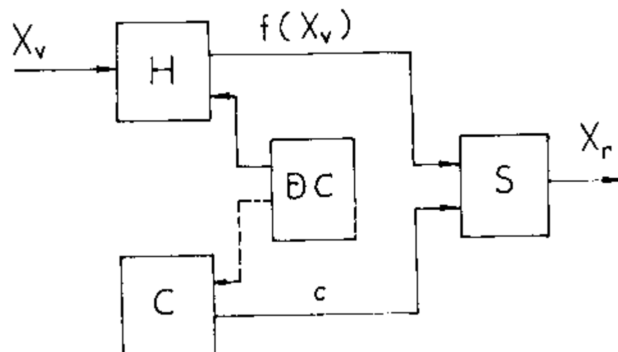
1.6.1. Vùng tác động



Hình 1-8. Các vùng tác động của bộ phận đo lường một đại lượng điện

Có thể biểu diễn các giá trị của đại lượng thực bằng những điểm trên trục số. Vùng tác động của bộ phận là quỹ tích các điểm ứng với trạng thái tác động của nó.

Trên hình 1-8a vẽ vùng tác động của bộ phận cực đại, còn 1-8b vẽ bộ phận cực tiểu. Giá trị $X_{tđ}$ gọi là tham số tác động. Vùng tác động có thể là một đoạn hay một số đoạn (hình 1-8c, d).



Hình 1-9. Sơ đồ khối của bộ phận so sánh với một hằng
H - Sơ đồ biến đổi tạo hàm $f(X_v)$; C - Cơ cấu tạo đại lượng không đổi C; ĐC - Cơ cấu điều chỉnh vùng tác động; S - Sơ đồ so sánh

1.6.2. Nguyên tắc làm việc

Bộ phận đo lường một đại lượng điện có thể chia làm hai

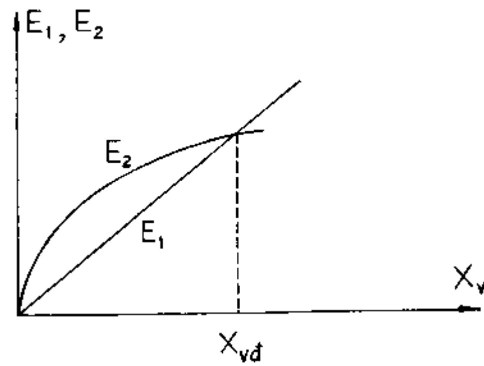
nhóm. Một nhóm phản ứng với giá trị tuyệt đối của đại lượng đầu vào, còn nhóm kia phản ứng với tần số.

1. Bộ phận đo lường làm việc theo giá trị tuyệt đối có thể thực hiện bằng hai phương pháp sau:

a. So sánh giá trị tuyệt đối X_v đầu vào với đại lượng không đổi C nào đó.

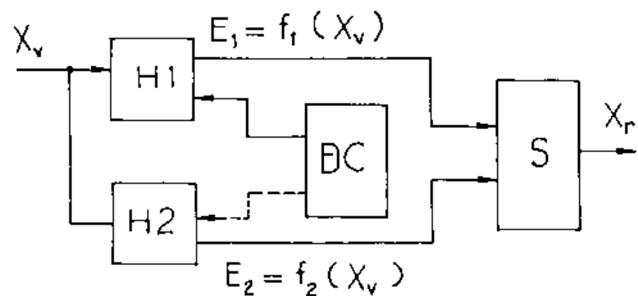
Bộ phận sẽ tác động khi $f(X_v) > C$ hoặc $f(X_v) < C$ (hình 1-9).

Đại lượng không đổi C có thể là mômen lò xo, dòng, áp. Điều quan trọng là đại lượng này phải rất ổn định, ít phụ thuộc vào môi trường và thời gian.



Hình 1-10. Đặc tuyến của bộ phận so sánh hai hàm số đại lượng đầu vào

b. So sánh hai hàm $E_1 = f_1(X_v)$ và $E_2 = f_2(X_v)$ của đại lượng đầu vào. Đồ thị hai hàm này cần phải cắt nhau ở điểm X_{vd} (hình 1-10), được gọi là tham số tác động. Khi $X_v > V_{dv}$ thì $E_1 > E_2$ và bộ phận đo lường sẽ tác động. Nếu muốn điều này xảy ra khi $X_v > X_{vd}$ thì chỉ cần thay đổi vị trí của E_1 và E_2.



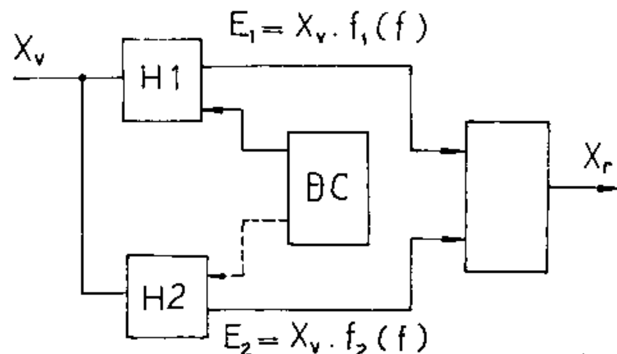
Hình 1-11. Sơ đồ khối của bộ phận so sánh hai hàm số đại lượng đầu vào. H_1, H_2 - Bộ biến đổi tín hiệu X_v thành các hàm E_1 và E_2.

Tham số tác động có thể điều chỉnh bằng cách thay đổi điểm cắt của E_1 và E_2, nói cách khác thay đổi ít nhất một trong hai hàm trên (hình 1-11).

Như vậy nguyên tắc so sánh đại lượng đầu vào với đại lượng không đổi ở phần a) là trường hợp riêng của nguyên tắc so sánh hai hàm E_1 và E_2, song do tính phổ biến của nó nên ở đây ta cần nhấn mạnh.

2. Bộ phận đo lường làm việc theo giá trị tần số được trình bày như sau:

Người ta sử dụng chúng trong sơ đồ nhạy cảm với tần số f của tín hiệu đầu vào X_v. Giá trị đầu ra E của sơ đồ này phụ thuộc không chỉ



Hình 1-12. Sơ đồ khối của bộ phận đo lường làm việc theo giá trị tần số.

với tần số f mà còn phụ thuộc vào giá trị tuyệt đối X_v, do đó cần phải ổn định tín hiệu vào X_v.

So sánh $E_1 = X_v. f_1(f)$ và $E_2 = X_v f_2(f)$ tương tự như các trường hợp trước đây (hình 1-12). Tuy nhiên vì E_1 và E_2 đều tỉ lệ thuận với X_v nên giá trị tần số f_{td}, khi $E_1 = E_2$, không phụ thuộc vào X_v (ký hiệu "td" chỉ tác động).

1.7. BỘ PHẬN ĐO LƯỜNG HAI ĐẠI LƯỢNG ĐIỆN

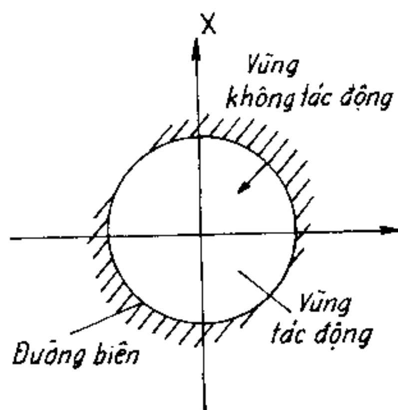
1.7.1. Vùng tác động

Một trong những đại lượng đặc trưng của bộ phận đo lường hai đại lượng điện U và I là tỉ số phức của chúng $\dot{Z} = \dfrac{\dot{U}}{\dot{I}} = \dfrac{U}{I.e^{j\varphi}}$.

Số phức này được đặc trưng bởi hai đại lượng thực (mod $Z = U/I$ và argumen φ, hoặc phần thực R và phần ảo X) nên bộ phận đo lường loại này gọi là bộ đo lường hai đại lượng điện làm việc theo hai đại lượng thực. Những trạng thái tác động của bộ phận đo lường có thể ứng dụng với tập hợp những điểm trên mặt phẳng phức Z, gọi là vùng tác động.

Trên hình 1-13 trình bày vùng tác động của rơle tổng trở. Đó là hình tròn, phía trong là vùng tác động, phía ngoài là vùng không tác động. Tuy nhiên vùng tác động có thể có hai hoặc nhiều hơn.

Đại lượng đầu vào của sơ đồ đo lường là $\dot{U}$ và $\dot{I}$ còn đại lượng đầu ra của nó là $\dot{E}_1$, và $\dot{E}_2$, đồng thời cũng là hai đại lượng đầu vào của phần tử so sánh, là những tổ hợp tuyến tính của $\dot{U}$ và $\dot{I}$ (hình 1-14).



Hình 1-13. Vùng tác động của rơle tổng trở

$$\dot{E}_1 = K_1\dot{U} + K_2\dot{I}$$
$$\dot{E}_2 = K_3\dot{U} + K_4\dot{I} \qquad (1\text{-}8)$$

K_1, K_2, K_3, K_4 - những hằng số không phụ thuộc vào $\dot{U}$ và $\dot{I}$; $\dot{E}_1$. $\dot{E}_2$ không nhất thiết là sức điện động.

Quan hệ $\dot{W} = \dfrac{\dot{E}_1}{\dot{E}_2}$ phụ thuộc đơn trị vào $Z = \dfrac{\dot{U}}{\dot{I}}$, thực vậy:

$$\dot{W} = \frac{\dot{E}_1}{\dot{E}_2} = \frac{K_1\dot{U} + K_2\dot{I}}{K_3\dot{U} + K_4\dot{I}} = \frac{K_1Z + K_2}{K_3Z + K_4} \qquad (1\text{-}9)$$

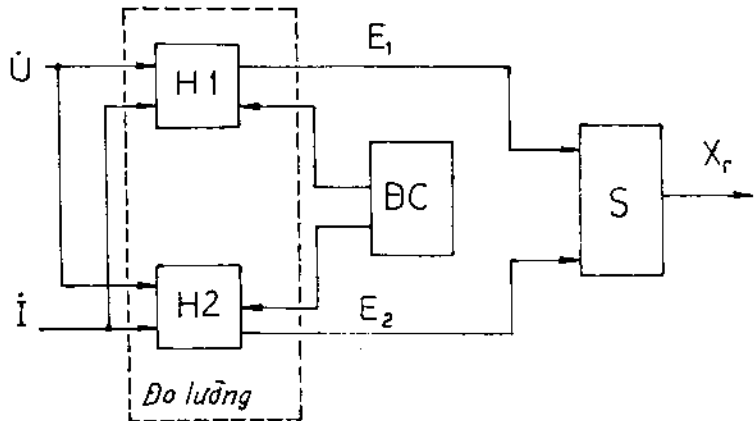
Ngược lại, bất kì giá trị nào của W đều tương ứng với giá trị xác định của Z:

$$Z = \frac{(K_4\dot{W} - K_2)}{(K_1 - K_3\dot{W})} \qquad (1\text{-}10)$$

Giá trị của $\dot{W}$ là những số phức và có thể biểu diễn bằng một điểm trên mặt phẳng phức. Từ (1-9) và (1-10) có thể thấy mỗi điểm trong mặt phẳng Z đều ứng với một điểm

xác định trong mặt phẳng $\dot{W}$ và ngược lại. Vùng tác động, vùng không tác động, đường biên trong mặt phẳng Z cũng tương ứng với vùng tác động, vùng không tác động, đường biên trong mặt phẳng $\dot{W}$.

Các đường đặc tuyến trong mặt phẳng Z và $\dot{W}$ nói chung là không trùng nhau. Mối quan hệ giữa chúng được xác định bởi các biểu thức (1-9), (1-10) và thay đổi tùy theo các giá trị K_1, K_2, K_3, K_4. Trong toán học, phép tương ứng giữa các đường và các vùng như vậy gọi là ánh xạ bảo giác. Sự phụ thuộc của phép biến đổi này vào các hệ số $\dot{K}_1$, $\dot{K}_2$, $\dot{K}_3$, $\dot{K}_4$ cho phép chỉ sử dụng một sơ đồ so sánh để nhận được các vùng tác động khác nhau trong mặt phẳng Z. Nhờ chọn các hệ số đó một cách thích hợp, có thể nhận được vùng tác động mong muốn trong mặt phẳng Z, trong khi đó chỉ cần sử dụng một sơ đồ so sánh phổ dụng. Tính chất phổ dụng của sơ đồ so sánh rất có lợi cho sản xuất hàng loạt và cho phép chế tạo nó có chất lượng cao. Thí dụ như sử dụng các vi mạch khuếch đại thuật toán là một chíp liền để làm sơ đồ so sánh.



Hình 1-14. Sơ đồ khối của bộ phận đo lường hai đại lượng điện

1.7.2. Cấu tạo

Trong sơ đồ đo lường, các đại lượng liên tục $\dot{U}$ và $\dot{I}$ được biến đổi thành các đại lượng cũng liên tục $\dot{E}_1$ và $\dot{E}_2$ theo các hàm (1-8) như ở hình 1-14. Các đại lượng $\dot{E}_1$, $\dot{E}_2$ được đưa vào sơ đồ so sánh S (so sánh giá trị tuyệt đối hay góc pha). Cơ cấu điều chỉnh $ĐC$ cho phép thay đổi các hệ số $\dot{K}_1$, $\dot{K}_2$, $\dot{K}_3$, $\dot{K}_4$, nhờ vậy có thể điều chỉnh được vùng tác động như mong muốn.

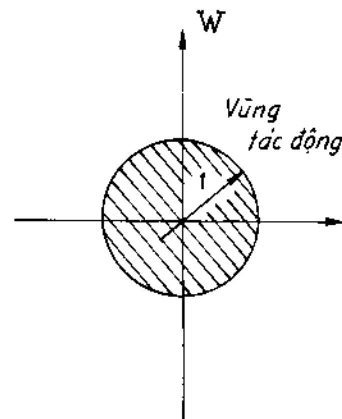
1.8. VÙNG TÁC ĐỘNG CỦA BỘ PHẬN ĐO LƯỜNG KHI DÙNG SƠ ĐỒ SO SÁNH GIÁ TRỊ TUYỆT ĐỐI HAI ĐẠI LƯỢNG ĐIỆN

1.8.1. Vùng tác động

Theo (1-6), bộ phận sẽ tác động khi $\dot{E}_1 > \dot{E}_2$. Đường biên có phương trình ứng với $\dot{E}_1 = \dot{E}_2$ hay là:

$$\dot{W} = \frac{\dot{E}_1}{\dot{E}_2} = 1 \qquad (1\text{-}11)$$

và là đường tròn có tâm ở gốc tọa độ, bán kính



Hình 1-15. Đặc tuyến của sơ đồ so sánh giá trị tuyệt đối hai đại lượng đặt trên mặt phẳng W

đơn vị ở mặt phẳng $\dot{W}$ (hình 1-15). Vùng tác động nằm ngoài đường tròn này, vì điều kiện tác động là:

$$\dot{W} = \frac{\dot{E}_1}{\dot{E}_2} > 1 \tag{1-12}$$

Sau khi thay giá trị tuyệt đối W theo biểu thức (1-9) và biến đổi, ta có:

$$\frac{\left| Z + \frac{\dot{K}_2}{\dot{K}_1} \right|}{\left| Z + \frac{\dot{K}_4}{\dot{K}_3} \right|} > \frac{K_3}{K_1} \tag{1-13}$$

Ta ký hiệu:

$$\dot{b} = -\frac{\dot{K}_2}{\dot{K}_1} \tag{1-14}$$

$$\dot{a} = -\frac{\dot{K}_4}{\dot{K}_3} \tag{1-15}$$

$$K = \frac{\dot{K}_3}{\dot{K}_1} \tag{1-16}$$

Điều kiện tác động sẽ là:

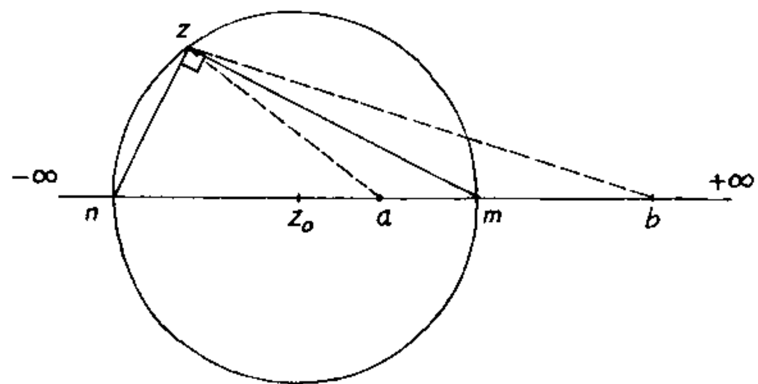
$$\frac{|Z - \dot{b}|}{|Z - \dot{a}|} > K \tag{1-17}$$

Đường biên của bộ phận trong mặt phẳng phức Z có phương trình sau:

$$\frac{|Z - \dot{b}|}{|Z - \dot{a}|} = K \tag{1-18}$$

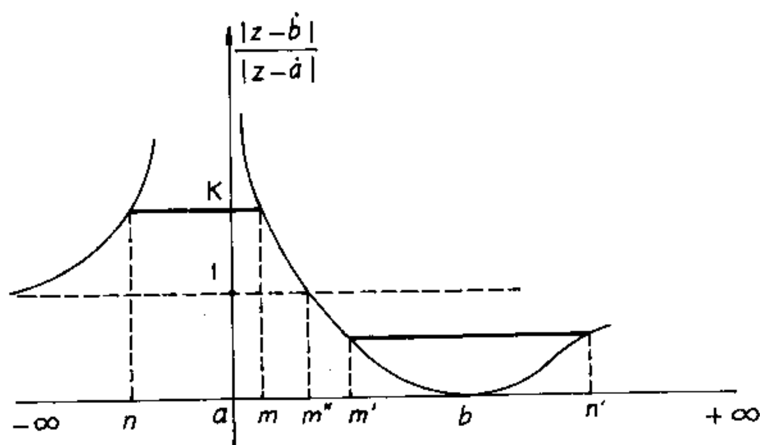
Theo (1-18), đường biên là quỹ tích những điểm trên mặt phẳng Z mà tỉ lệ khoảng cách của chúng tới hai điểm cho trước a và b là bằng K. Đó là đường tròn (hình 1-16) tâm Z_0 nằm trên đường thẳng đi qua ab. Nếu cho Z chạy trên đường thẳng ab từ phía $-\infty$ đến $+\infty$ ta có thể vẽ được đồ thị $|Z - \dot{b}| / |Z - \dot{a}|$ như trên hình 1-17.

Phần đồ thị phía trên đoạn đậm tương ứng với miền tác động. Theo hình này, khi $K > 1$, đường tròn sẽ cắt đường thẳng ab tại hai



Hình 1-16. Quĩ tích đường biên trên mặt phẳng Z

điểm n, m theo thứ tự là $-\infty$, n, a, m, b, $+\infty$. Còn khi $K < 1$, theo thứ tự là: $-\infty$, a, m', b, n', $+\infty$. Đoạn m, n là đường kính đường tròn đường biên, thay đổi tùy theo giá trị K. Như vậy khi $K > 1$, miền tác động là hình tròn đường kính mn, khi $K < 1$, miền tác động là phần ngoài của đường tròn đường kính $m'n'$. Còn khi $K = 1$, đường kính đường tròn là $-\infty$, m'' lớn vô cùng, tức là đường biên sẽ là đường trung trực của đoạn ab ($am'' = m''b$).



Hình 1-17. Sự biến thiên của hàm $\frac{(Z-b)}{(Z-a)}$

1.8.2. Xác định các hệ số $\dot{K}_1$, $\dot{K}_2$, $\dot{K}_3$ và $\dot{K}_4$ để nhận được vùng tác động cho trước

Cơ sở để xác định các hệ số này là chọn các điểm a, b trong mặt phẳng phức Z. Khi đó cần phải chú ý là điểm $\dot{a}$ luôn nằm trong vùng tác động, còn điểm $\dot{b}$ thì nằm ngoài.

Nếu vùng tác động cho trước là một đường tròn bán kính R, ta hãy chọn điểm $\dot{a}$ bên trong. Khi đó điểm $\dot{b}$ sẽ nằm trên đường thẳng $Z_0 - a$ (Z_0 - tâm đường tròn) và nằm ngoài đường tròn sao cho:

$$\overline{aZ_0}.\overline{bZ_0} = R^2 \quad (1\text{-}19)$$

Khi a, b xác định, ta sẽ xác định K theo công thức:

$$K = \frac{\overline{bZ_0}}{R} \quad (1\text{-}20)$$

Từ các giá trị $\dot{a}$, $\dot{b}$, K nhận được, theo (1-14), (1-15), (1-16) ta sẽ tìm được $\dot{K}_1$, $\dot{K}_2$, $\dot{K}_3$, $\dot{K}_4$.

Nếu đường biên là một đường thẳng, thì a như đã nêu được chọn trong vùng tác động, còn điểm b sẽ đối xứng với a qua đường thẳng đó, khi đó $K = 1$. Các giá trị K_i sẽ được xác định tương tự như ở trên.

Như vậy việc chọn điểm a (hoặc b) đầu tiên là tùy ý. Việc đưa thêm điều kiện khi chọn điểm này có thể làm đơn giản hóa sơ đồ của bộ phận đo lường đi rất nhiều. Thí dụ, nếu các đại lượng $\dot{E}_1$ hoặc $\dot{E}_2$ chỉ chứa áp hoặc dòng thì có nghĩa là một trong các hệ số K_i sẽ bằng 0. Như vậy theo các biểu thức (1-14) + (1-16) một trong các giá trị (a hoặc b) hoặc bằng 0, hoặc bằng ∞. Như vậy nếu vùng tác động chứa điểm 0 tọa độ thì đây chính là điểm a, còn nếu 0 tọa độ ở ngoài thì đó là điểm b. Còn nếu một trong những điểm đã nêu bằng vô cùng (∞) thì điểm tương ứng kia phải nằm ở tâm vòng tròn. Các hệ số còn lại sẽ được tính theo (1-14) ÷ (1-16).

1.9. VÙNG TÁC ĐỘNG CỦA BỘ PHẬN ĐO LƯỜNG KHI DÙNG SƠ ĐỒ SO SÁNH GÓC PHA HAI ĐẠI LƯỢNG ĐIỆN

Theo (1-7) bộ phận tác động khi:

$$\varphi_1 < (\widehat{\dot{E}_1, \dot{E}_2}) < \varphi_2.$$

Trong mục này ta chỉ xét trường hợp đơn giản nhất khi:

$$\varphi_2 = \varphi_1 + \pi \qquad (1\text{-}21)$$

Góc giữa hai vectơ bằng argumen tỉ số của chúng, do đó:

$$\varphi_1 < \arg(\dot{E}_1 / \dot{E}_2) = \arg\dot{W} < \varphi_1 + \pi \qquad (1\text{-}22)$$

Đường biên được biểu diễn bằng hai phương trình sau:

$$\left.\begin{aligned} \arg\dot{W} &= \varphi_1 \\ \arg\dot{W} &= \varphi_1 + \pi \end{aligned}\right. \qquad (1\text{-}23)$$

và là đường thẳng đi qua gốc tọa độ trong mặt phẳng $\dot{W}$ (hình 1-18).

Theo (1-9) ta có:

$$\arg\dot{W} = \arg\left[\frac{\dot{K}_1}{\dot{K}_3} \cdot \frac{Z + \dfrac{\dot{K}_2}{\dot{K}_1}}{Z + \dfrac{\dot{K}_4}{\dot{K}_3}}\right] = \arg\frac{Z - \dot{b}}{Z - \dot{a}} + \beta$$

với

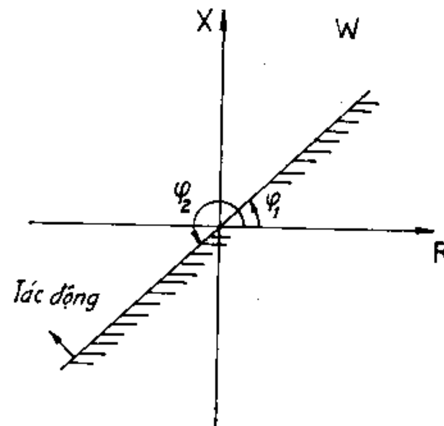
$$\left.\begin{aligned} \dot{a} &= \frac{\dot{K}_4}{\dot{K}_3} ;\ \dot{b} = \frac{\dot{K}_2}{\dot{K}_1} \\ \beta &= \arg\frac{\dot{K}_1}{\dot{K}_3} \end{aligned}\right\} \qquad (1\text{-}24)$$

Khi đó điều kiện đường biên (1-23) được viết lại như sau:

$$\arg\frac{Z - \dot{b}}{Z - \dot{a}} = \varphi_1 - \beta \qquad (1\text{-}25)$$

$$\arg\frac{Z - \dot{b}}{Z - \dot{a}} = \varphi_1 + \pi - \beta \qquad (1\text{-}26)$$

với: $\arg[(Z - \dot{b}) / (Z - \dot{a})]$ - là góc mà vectơ $[Z - \dot{a}]$ chậm so với vectơ $[Z - \dot{b}]$. Chiều dương là chiều trái với chiều quay kim đồng hồ. Trong mặt phẳng phức $\dot{Z}$, vectơ $[Z - \dot{a}]$ và $[Z - \dot{b}]$ là những đường thẳng nối Z với các điểm a, b tương ứng. Nếu Z nằm trên phần đường biên được biểu diễn bằng phương trình (1-25) thì quỹ tích của Z chính là cung của đường tròn giới hạn bởi các điểm a, b và có góc ở đỉnh là $\varphi_1 - \beta$. Trên hình 1-19 trình bày trường hợp 0 <

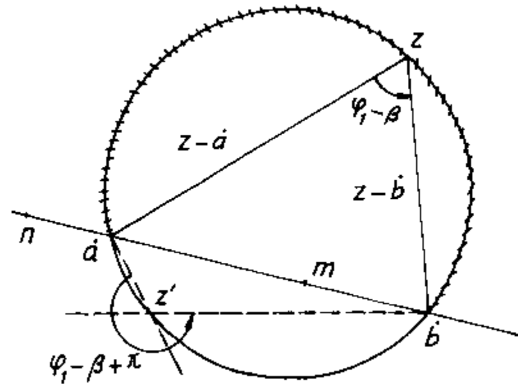


Hình 1-18. Đường biên trong mặt phẳng W

φ_1 - β < π và cung đường tròn đó có những nét gạch. Đối với điểm Z' nằm trên phần còn lại của đường tròn thì đây là quỹ tích những điểm thỏa mãn điều kiện (1-26).

Như vậy khi $\varphi_1 - \beta \neq 0$ và $\varphi_1 - \beta \neq -\pi$, đặc tuyến của bộ phận đo lường là đường tròn.

Để xác định xem vùng tác động nằm trong hoặc ngoài vòng tròn, ta hãy xét 2 điểm nằm trên đường thẳng qua *ab*: điểm *m* nằm trên đoạn *ab*, tức là trong vòng tròn, còn điểm *n* nằm trên đường kéo dài của *ab*, nằm ngoài vòng tròn (hình 1-19). Đối với điểm *m*, góc giữa *ma* và *mb* là π.



Hình 1-19. Đường biên trong mặt phẳng Z

Rõ ràng là *m* sẽ nằm trong vùng tác động nếu như π nằm trong giới hạn vùng tác động, nghĩa là:

$$\varphi_1 - \beta < \pi < \varphi_1 - \beta + \pi \quad (1\text{-}27)$$

Trường hợp này ứng với hình 1-19.

Trong trường hợp khác, điểm *n* sẽ nằm trong vùng tác động nếu (*na*, *nb*) = 0 nằm trong vùng tác động, nghĩa là:

$$\varphi_1 - \beta < 0 < \varphi_1 - \beta + \pi \quad (1\text{-}28)$$

Trong trường hợp $\varphi_1 - \beta = 0$, đường biên sẽ là đường thẳng đi qua *a*, *b*. Vùng tác động sẽ nằm bên trái đường thẳng đó. Còn nếu $\varphi_1 - \beta$, vùng tác động sẽ là nửa mặt phẳng bên phải.

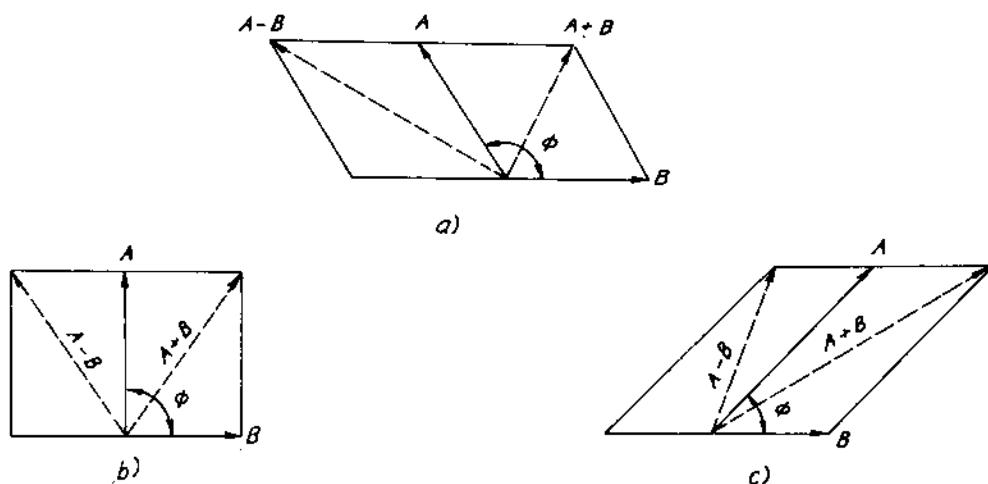
Việc xác định các giá trị $\dot{K}_1$, $\dot{K}_2$, $\dot{K}_3$, $\dot{K}_4$ cho sơ đồ đo lường ta sẽ xét sau trong các trường hợp cụ thể (xem chương 2).

1.10. SỰ CHUYỂN ĐỔI QUA LẠI GIỮA CÁC SƠ ĐỒ SO SÁNH GIÁ TRỊ TUYỆT ĐỐI VÀ GÓC PHA HAI ĐẠI LƯỢNG ĐIỆN

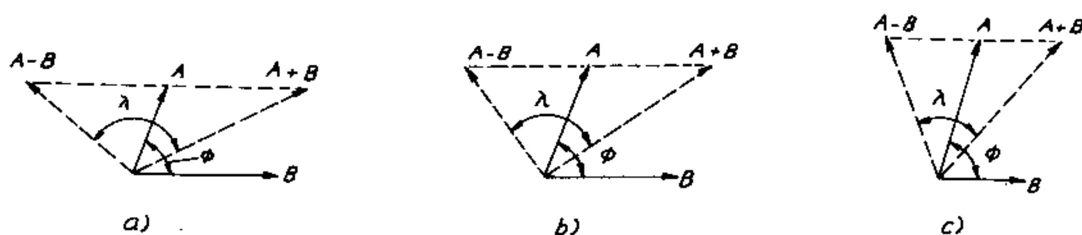
Trong trường hợp tổng quát khi không sử dụng các đại lượng đầu vào của sơ đồ so sánh E_1 và E_2 như công thức (1-8), đặc tính của sơ đồ so sánh có thể không có dạng đường tròn mà có thể có dạng đường thẳng hoặc elip hay hình dạng khác. Cũng tùy theo cách chọn đại lượng đầu vào *U* và *I* mà ở đây để cho tổng quát hơn ta gọi là các đại lượng *A* và *B*, một sơ đồ có thể chuyển từ so sánh hai giá trị tuyệt đối thành so sánh hai giá trị góc pha và ngược lại.

Giả sử ta có sơ đồ so sánh hai đại lượng điện *A* và *B* tác động khi $|A| > |B|$, có nghĩa đây là sơ đồ so sánh theo giá trị tuyệt đối. Nếu ta thay đổi các giá trị đầu vào sao cho sơ đồ tác động khi $|A + B| > |A - B|$, khi đó sơ đồ trở thành so sánh pha vì các đại lượng *A* và *B* phải cùng hướng hoặc cùng dấu (hình 1-20c).

Tương tự như vậy, rơle cảm ứng với sơ đồ so sánh góc pha hai giá trị *A* và *B* sẽ tác



Hình 1-20. Sơ đồ so sánh theo giá trị tuyệt đối được dùng để so sánh pha
a. $\Phi > 90^0$ khi $|A - B| > |A + B|$; b. $\Phi = 90^0$ khi $|A - B| = |A + B|$;
c. $\Phi < 90^0$ khi $|A - B| < |A + B|$



Hình 1-21. Sơ đồ so sánh góc pha được dùng để so sánh theo giá trị tuyệt đối
a. $A < B$ khi $\lambda > 90^0$; b. $A = B$ khi $\lambda = 90^0$; c. $A > B$ khi $\lambda < 90^0$

động khi hai vectơ A và B cùng hướng. Tuy nhiên nếu ta thay đổi các đại lượng đầu vào thành $A + B$ và $A - B$, thì sơ đồ trở thành so sánh theo giá trị tuyệt đối, vì các vectơ $(A + B)$ và $(A - B)$ chỉ cùng hướng (góc giữa chúng nhỏ hơn 90^o) nếu $|A| > |B|$ (xem hình 1-21c).

Để minh họa, ta có thể lấy trường hợp rơle điện từ (xem mục 2.3.1. với công thức (2-9)) và rơle cảm ứng (xem mục 2.4.1 với công thức (2-18)). Rơle điện từ kiểu cân bằng sẽ tác động khi mômen quay của cuộn làm việc lớn hơn cuộn hãm, nghĩa là $|A^2| > |B^2|$. Nếu ta thay đổi đầu vào sao cho rơle tác động khi $|A + B|^2 > |A - B|^2$, nghĩa là khi:

$$|A^2 + B^2 + 2AB\cos\Phi| > |A^2 + B^2 - 2AB\cos\Phi|$$

với Φ là góc giữa A và B, thì:

$$4AB\cos\Phi > 0 \qquad \text{hay} \qquad 90^o > \Phi > -90^o$$

Điều này có nghĩa là A và B sẽ cùng hướng.

Tương tự như vậy, đối với rơle cảm ứng, mômen quay sẽ tỉ lệ với $|A|.|B|.\sin\Phi$. Nó sẽ tác động khi $90^o > \Phi > 0^o$. Nếu ta thay đổi các giá trị đầu vào sao cho

$$(A + B).(A - B)\sin\Phi > 0$$

thì sơ đồ trở thành so sánh theo giá trị tuyệt đối, vì khi đó $|A|^2 > |B|^2$.

1.11. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ CÁC BỘ PHẬN ĐO LƯỜNG PHẦN TỬ TỰ ĐỘNG DÙNG TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN

1.11.1. Chức năng của các bộ phận đo lường trong hệ thống điện

Như trên đã nói, nhiệm vụ của bộ phận đo lường là tạo ra các tín hiệu làm việc tương ứng với các tin tức thu thập từ đối tượng điều khiển. Trong hệ thống điện, đó là các thông tin về phần sơ cấp. Việc ghép nối giữa phần sơ cấp công suất lớn với phần thứ cấp công suất nhỏ được thực hiện nhờ các biến dòng điện và các biến điện áp đo lường. Chức năng của các bộ phận này có thể được liệt kê như sau:

- Ghép nối về mặt thông tin giữa hai hệ thống: hệ thống công suất lớn của phần sơ cấp và hệ thống công suất nhỏ của phần thứ cấp.

- Cách ly về điện cho hai hệ thống này để sự cố trong chúng không lan truyền qua lại với nhau.

- Chuẩn hóa về mặt giá trị thông tin đầu ra để thuận tiện cho việc sử dụng đối với những phần tử tự động tiếp theo. Thí dụ, biến dòng điện thường được chế tạo có dòng định mức đầu ra là 1; 5 hoặc 10 A xoay chiều; biến điện áp vào khoảng 100 ÷ 125 V xoay chiều.

Không nên hiểu là bộ phận đo lường chỉ gồm có các biến dòng điện và biến điện áp. Phần tiếp theo rất quan trọng của chúng nằm trong các phần tử tự động công suất nhỏ, được gọi là bộ phận đo lường tín hiệu hoặc trung gian, với thông tin tiếp tục được sàng lọc và biến đổi thành dạng thuận tiện cho việc xử lý và ra quyết định cho các thao tác điều khiển. Để thuận tiện ta gọi chúng luôn là bộ phận đo lường của các phần tử tự động.

Các biến dòng điện và biến điện áp đo lường khi đó được xem xét riêng.

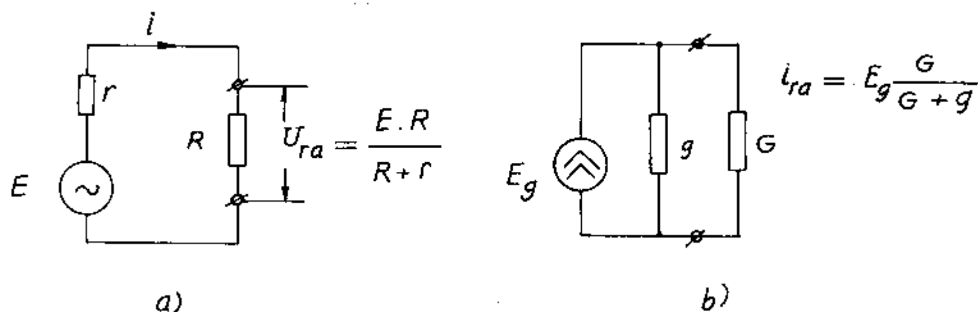
1.11.2. Khái niệm chung về các biến dòng điện và biến điện áp

Trong các tài liệu kỹ thuật hiện có ở Việt Nam vẫn chưa có ký hiệu viết tắt thống nhất của các phần tử này. Những biến dòng điện và biến điện áp đầu tiên được sử dụng có xuất xứ từ Liên Xô (cũ) nên được ký hiệu là *TT* và *TH* với dạng biến đổi chút ít là *TI* và *TU*. Hiện nay tên gọi phổ biến hơn của chúng là *BI* và *BU*, vì vậy ta thống nhất sử dụng các ký hiệu đó trong tài liệu này. Tuy nhiên người sử dụng cũng cần biết các chữ viết tắt các phần tử này tương ứng trong tiếng Anh là *CT* (Current Transformer), *PT* (Potential Transformer) hoặc *VT* (Voltage Transformer), trong tiếng Pháp là *TC* (Transformateur Courant) và *TP* (Transformateur Potentiel)... để hiểu chúng trong các tài liệu nước ngoài.

Tùy theo mục đích sử dụng mà các *BU*, *BI* có cấp độ chính xác khác nhau. Đối với các ứng dụng bảo vệ, sai số của chúng có thể cho phép lên tới 10%. Đối với các ứng dụng đo lường như đo công suất tiêu thụ của các hộ phụ tải, sai số của *BU*, *BI* vào khoảng 0,5÷2%. Còn đối với việc thử nghiệm các thiết bị tự động, người ta phải sử dụng các *BU*, *BI* có sai số khoảng 0,1÷0,2% [4 và 21]. Cấu tạo của chúng và tính toán sử dụng được miêu tả tương đối tỉ mỉ trong các tài liệu [4; 20; 21].

Tất cả các *BU*, *BI* đều được sử dụng để đo lường. Nhưng trong trường hợp chung khi nói đến *BU*, *BI* đo lường ta cần phải hiểu chúng được dùng cho các côngtơ đo đếm điện năng.

Chế độ làm việc lý tưởng đối với biến áp đo lường là chế độ làm việc không tải, hay điện trở của tải bằng vô cùng. Khi đó việc đo điện áp được thực hiện chính xác nhất. Trên hình 1-22a trình bày sơ đồ tương đương của cuộn thứ cấp máy biến áp đo lường. Ở đây E- suất điện động thứ cấp, r- điện trở trong của cuộn thứ, R - điện trở của tải.

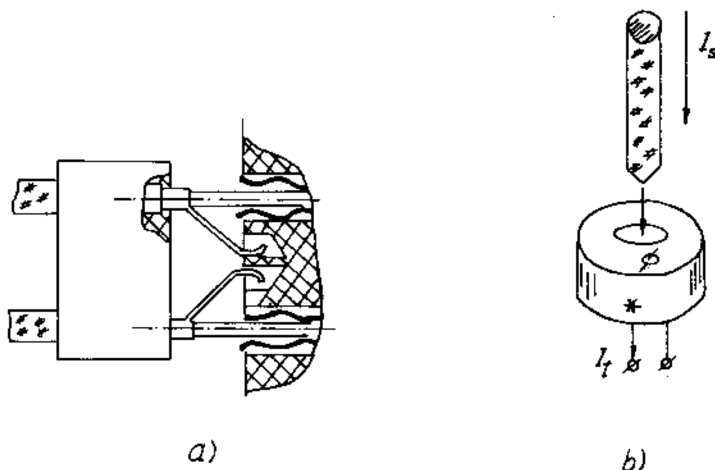


Hình 1-22. Sơ đồ tương đương mạch thứ cấp của biến dòng điện và biến điện áp

Như đã nói, trong trường hợp $R >> r$, điện áp rơi trên tải $U_{ra} = \dfrac{E.R}{R+r}$ sẽ xấp xỉ bằng E, điều này có nghĩa là toàn bộ thông tin về điện áp sơ cấp của biến điện áp được truyền trọn vẹn cho tải (E tỷ lệ với điện áp sơ cấp).

Trong trường hợp R càng nhỏ so với r thì độ sụt áp ở đầu ra càng lớn, sai số đo lường càng cao.

Đối với các biến điện áp nhỏ hơn 500 kV, người ta thường sử dụng các cuộn dây (kiểu điện từ) để chia áp; đặc biệt với điện áp 110 kV và 220 kV người ta dùng BU kiểu phận cấp. Chúng có độ chính xác khoảng 1% và đảm bảo được hệ số biến áp đối với chế độ danh định. Tuy nhiên kích thước của chúng tỉ lệ với biến áp danh định. Đối với cấp điện áp từ 500 kV trở lên, người ta thường chỉ sử dụng BU kiểu tụ có độ chính xác kém hơn, cỡ 3-5% áp danh định và độ lệch pha khoảng 5° nhưng cho phép giảm được kích thước. Trên thực tế cuộn thứ cấp của BU thường không gây nhiều vấn đề như cuộn thứ của các biến dòng điện. Ở đây người ta thường lắp aptomat bảo vệ để ngắt mạch thứ cấp BU khi có hiện tượng quá áp ở phía sơ cấp.



Hình 1-23. Giắc cắm bảo vệ biến dòng điện (a) và cách lắp dây sơ cấp biến dòng điện hạ áp (b)

Trên hình 1-22b trình bày sơ đồ tương đương của cuộn thứ cấp máy biến dòng điện. Ở đây g là điện dẫn của cuộn thứ cấp, G là điện

dẫn của tải, E_g là nguồn dòng bên thứ cấp, tỷ lệ thuận với dòng sơ cấp. Dòng điện qua tải $i_{ra} = E.g.\frac{G}{G+g}$ sẽ xấp xỉ bằng $E.g$ nếu $G >> g$. Khi đó $i_{ra} \approx E.g$ mang thông tin tối đa về dòng bên sơ cấp, việc đo dòng đạt độ chính xác cao nhất. Nếu giảm G đi so với g thì sai số tăng lên, điều này liên quan đến tổn hao dòng do chính điện dẫn của nguồn dòng gây ra.

Trên thực tế, các biến dòng điện được thiết kế để làm việc với điều kiện khi đầu ra ở trạng thái gần như ngắn mạch. Do đó, nếu vì nguyên nhân nào đó cần tách *BI* ra khỏi tải, người ta thường nối tắt đầu ra của nó, thí dụ sử dụng phích cắm chuyên dụng như trên hình 1-23a. Ở đây kẹp kim loại sẽ tự khép mạch khi ta rút phích cắm của *BI* ra khỏi thiết bị tự động. Điều này xuất phát từ yêu cầu bảo vệ cuộn thứ cấp *BI* khỏi quá điện áp nguy hiểm, khi suất điện động thứ cấp (đôi khi đạt đến hàng chục kV) không được cân bằng bởi sự sụt áp do dòng điện lớn chạy trong nó.

Khi sử dụng biến dòng điện ta cần đặc biệt chú ý đến đầu vào và đầu ra của cuộn thứ cấp, cũng như chiều đi dây của cuộn sơ cấp qua lõi hình xuyến (hình 1-23b). Đối với lưới hạ áp thường chiều đi tới của dòng điện sơ cấp qua phía trên của cuộn *BI*, nơi có ký hiệu ⌀, còn đầu ra của cuộn thứ được đánh dấu bằng dấu "+" hoặc "*".

Hiện nay đối với các thiết bị bảo vệ rơle của Liên Xô (cũ) người ta thường sử dụng loại biến dòng điện có dòng danh định thứ cấp là 5 hoặc 10 A, còn đối với các thiết bị số là 1 A hoặc 5 A, trong đó loại 1 A càng ngày càng được sử dụng rộng rãi hơn. Nguyên nhân là các thiết bị kỹ thuật số tiêu tốn ít năng lượng hơn so với các thiết bị điện cơ trong các sơ đồ đo lường và so sánh.

Để biến dòng điện có thể đo lường chính xác dòng sự cố, hệ số biến dòng của nó phải ổn định trong dải biến thiên của dòng sơ cấp. Điều này phụ thuộc tổng trở đầu vào của rơle và dây dẫn nối từ *BI* tới rơle. Nếu tổng trở này tăng cao, cuộn thứ cấp của *BI* phải chịu được điện áp cao hơn. Để giảm giá thành *BI*, dây dẫn nối tới rơle càng ngắn càng tốt, cũng như độ nhạy của rơle càng cao càng tốt. Điều này được xác định bởi công suất tải của rơle và thường được biểu diễn ở dạng vôn-ampe (VA). Thí dụ, đối với rơle quá dòng 7*SJ*512 của hãng Siemens, công suất tải của rơle ở các đầu vào pha là 0,1 VA, đó là mức tiêu thụ rất thấp vì các rơle số thường có mức tiêu thụ năng lượng tín hiệu nhỏ.

Ở Mỹ, ngoài giá trị vôn-ampe, người ta còn dùng giá trị tổng trở cuộn thứ của *BI* tại dòng danh định và các chế độ dòng khác. Nó không xác định độ nhạy của rơle nhưng cho phép tính toán được tổng trở mạch nhị thứ *BI*, do đó xác định các giá trị dòng tại đây trong các chế độ dòng khác nhau, từ đó suy ra *BI* cần chọn để dùng cho rơle xác định.

Ở phần phụ lục 1, có giới thiệu một vài loại cấu trúc máy biến dòng điện thường dùng trên thực tế.

Chương 2

CẤU TẠO CỦA CÁC RƠLE ĐIỆN CƠ

2.1. HAI PHƯƠNG PHÁP SO SÁNH VÀ ĐO LƯỜNG CƠ ĐIỆN

Trong các cơ cấu so sánh điện cơ, các đại lượng được so sánh là giá trị trung bình của lực hoặc thông dụng hơn là mômen quay. Trên hình 2- 1 trình bày các kiểu so sánh mômen quay.



Hình 2-1. Sơ đồ so sánh mômen quay

Như vậy mômen quay thường tạo ra bởi lực hút cơ điện của dòng xoay chiều, mômen cản do lò xo (hình 2- 1a), hoặc mômen của dòng xoay chiều khác (hình 2- 1b) tạo nên. Biểu thức chung của năng lượng từ trường của cơ cấu điện cơ có n cuộn dây có dạng:

$$W_t = \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{k=n} L_k I_k^2 + \sum_{\substack{k=1\\p=1\\k\neq p}}^{\substack{k=n\\p=n}} M_{kp} I_k I_p \qquad (2\text{-}1)$$

trong đó:

I_k, I_p - dòng trong các cuộn p và k của cơ cấu cơ điện;

L_k, M_{kp} - hệ số tự cảm và hỗ cảm giữa cuộn dây.

Mômen quay tạo ra bằng đạo hàm của năng lượng từ trường theo giá trị góc quay của phần động cơ cấu cần đo lường:

$$M_q = \frac{\partial W_t}{\partial \alpha} \qquad (2\text{-}2)$$

Cấu tạo của bộ phận đo lường cơ điện thường dựa trên hai phương pháp sau:

1. Phương pháp điện từ: Mômen quay được tạo ra bởi sự thay đổi của thành phần thứ nhất trong biểu thức (2- 1). Phương pháp này thực hiện so sánh giá trị tuyệt đối của đại lượng điện.

2. Phương pháp cảm ứng: Mômen quay tạo nên bởi sự thay đổi của thành phần thứ hai

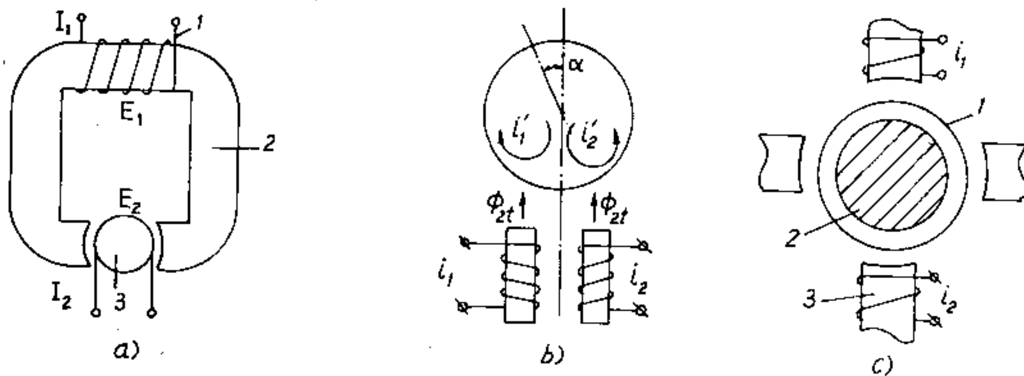
trong biểu thức (2- 1). Thực hiện so sánh góc pha các đại lượng trên.

2.2. PHÂN LOẠI CÁC RƠLE ĐIỆN CƠ

Cơ cấu đo lường và so sánh điện cơ được sử dụng rộng rãi nhất trong các thiết bị tự động của hệ thống điện lực là các loại rơle điện cơ. Trên cơ sở các nguyên tắc so sánh đã nêu, rơle điện cơ có thể phân loại thành:

2.2.1. Rơle điện từ

Mômen quay tạo ra bởi sức từ động của cuộn dây tĩnh có dòng điện *I* chạy qua tác động lên phần động là khối sắt từ. Sự di chuyển của khối sắt tỷ lệ với độ lớn của lực hút. Ở đây lực cản có thể do cuộn dây khác hoặc lò xo tạo ra (hình 2- 1).



Hình 2-2. Cấu tạo của rơle điện động (a), rơle cảm ứng với đĩa (b) và rơle cảm ứng với ống trụ (c).

Hình 2- 3a giới thiệu một vài loại rơle điện từ: kiểu pittông (a1), kiểu bản lề (a2), kiểu cân bằng (a3) và kiểu phân cực (a4). Trong rơle phân cực kiểu điện từ có thêm nam châm vĩnh cửu cho phép ngăn tiếp điểm khép mạch ứng với một chiều của dòng vào, vì vậy rơle loại này phản ứng với chiều dòng điện.

2.2.2. Rơle điện động

Rơle điện hay còn gọi là rơle có cuộn dây động. Ở đây khung dây *3* có dòng điện I_2 chạy qua có thể tự quay trong từ trường của cuộn dây tĩnh *1*. Cấu tạo kiểu này có nhược điểm là đầu dây cấp điện cho cuộn dây động có thể gây cản trở và gây nên sai số. Vì vậy, người ta thường sử dụng loại rơle điện động cảm ứng (hình 2- 3b4) với dòng điện I_2 là dòng cảm ứng tạo bởi cuộn dây tĩnh bên ngoài để khắc phục nhược điểm này.

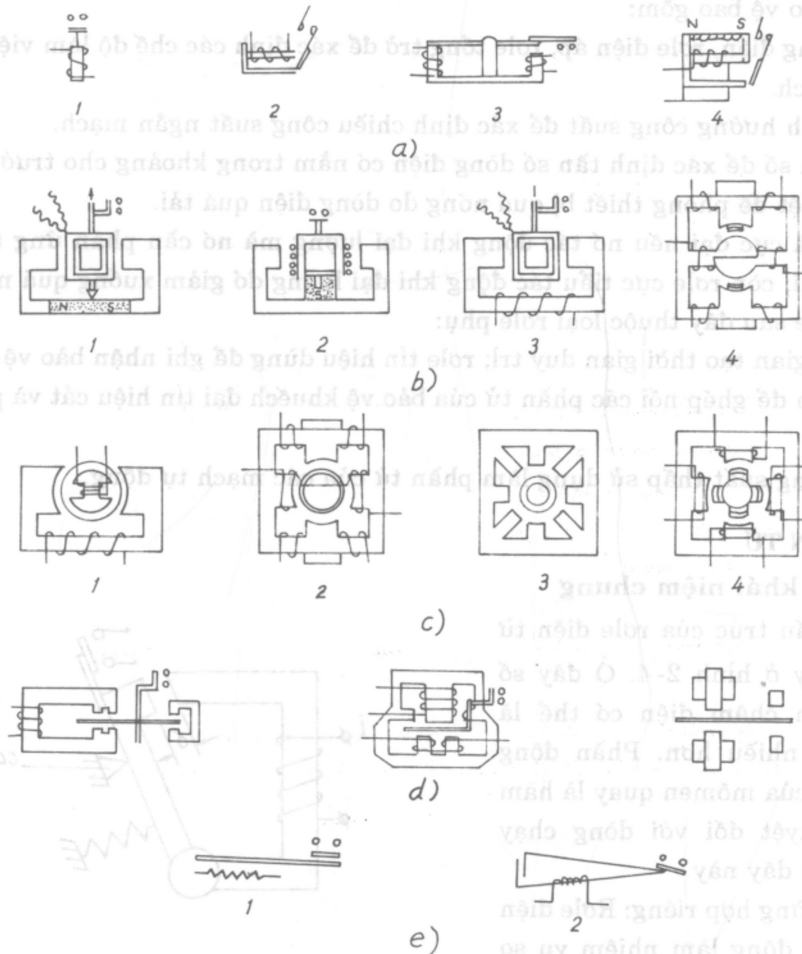
Trên hình 2- 3b giới thiệu vài loại rơle với cuộn dây động. Ở sơ đồ với cuộn dây quay (b1) và cuộn dây động động trục (b2) người ta sử dụng từ trường của nam châm vĩnh cửu. Rơle điện động (b3) và điện động cảm ứng (b4) đã được giới thiệu ở trên.

Các loại rơle điện động ít được sử dụng trong các bảo vệ rơle của các nước XHCN (cũ). Tuy nhiên, ở phương Tây chúng vẫn được ứng dụng rộng rãi trong thời gian dài vì loại rơle này có độ nhạy cao hơn hẳn các loại rơle điện cơ khác.

2.2.3. Rơle cảm ứng

Mômen quay được tạo ra bởi tác động tương hỗ của hai hay nhiều cuộn dây tĩnh lên đĩa

kim loại không dẫn từ (hình 2-2b) hoặc ống hình trụ *1* với lõi sắt từ *2* (hình 2-2c). Các dòng i_1, i_2 tạo nên từ trường quay gây ra dòng cảm ứng trong phần động và cuốn nó quay một góc nào đó. Loại rơle này đặc biệt chỉ dùng cho dòng xoay chiều.



Hình 2-3. Cấu tạo một vài loại rơle điện cơ

Trên hình 2-3c giới thiệu một vài kiểu rơle cảm ứng với ống trụ: loại 2 cực (c1), loại 4 cực (c2) với hai cuộn dây, loại 8 cực (c3) và loại có ống trụ cực lồi (c4) trong các rơle nhiều cuộn dây. Còn trên hình 2-3d trình bày sơ đồ các rơle cảm ứng với đĩa kim loại: rơle với cực có cuộn chặn để tạo mômen quay (d1), rơle với mômen quay tạo bởi hai nam châm điện (d2), rơle với lực tương hỗ của nam châm điện và nam châm vĩnh cửu lên đĩa kim loại (d3).

2.2.4. Rơle nhiệt

Nếu các rơle đã giới thiệu ở trên tác động lên phần động để khép tiếp điểm dựa trên năng lượng điện - từ trường theo (2-1) thì rơle nhiệt sử dụng hiệu ứng dãn nở nhiệt của hai hay nhiều thanh kim loại có hệ số dãn nở nhiệt khác nhau để tạo ra lực khép tiếp điểm. Vì ở đây vẫn sử dụng cơ cấu cơ khí để so sánh và thao tác nên rơle nhiệt vẫn được xếp vào loại các rơle điện cơ. Trên hình 2-3e giới thiệu các loại rơle nhiệt với hai thanh kim loại

(e1) hay nhiều thanh kim loại (e2).

Tùy theo công dụng của rơle điện cơ trong các thiết bị tự động và bảo vệ hệ thống điện lực người ta phân biệt:

+ Rơle bảo vệ bao gồm:

- Rơle dòng điện, rơle điện áp, rơle tổng trở để xác định các chế độ làm việc bất thường hoặc ngắn mạch.
- Rơle định hướng công suất để xác định chiều công suất ngắn mạch.
- Rơle tần số để xác định tần số dòng điện có nằm trong khoảng cho trước hay không.
- Rơle nhiệt đề phòng thiết bị quá nóng do dòng điện quá tải.

Rơle gọi là cực đại nếu nó tác động khi đại lượng mà nó cần phản ứng tăng lên quá ngưỡng cực đại; còn rơle cực tiểu tác động khi đại lượng đó giảm xuống quá mức cực tiểu.

+ Các rơle sau đây thuộc loại rơle phụ:

Rơle thời gian tạo thời gian duy trì; rơle tín hiệu dùng để ghi nhận bảo vệ đã tác động; rơle trung gian để ghép nối các phần tử của bảo vệ khuếch đại tín hiệu cắt và phát tín hiệu cắt máy cắt.

+ Rơle công suất thấp sử dụng làm phần tử của các mạch tự động.

2.3. RƠLE ĐIỆN TỪ

2.3.1. Một số khái niệm chung

Một vài cấu trúc của rơle điện từ được trình bày ở hình 2-4. Ở đây số cuộn dây nam châm điện có thể là một, hai hay nhiều hơn. Phần động chịu tác động của mômen quay là hàm các giá trị tuyệt đối với dòng chạy trong các cuộn dây này.

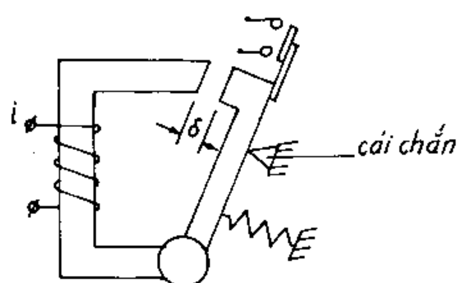
Ta xét trường hợp riêng: Rơle điện từ một sức từ động làm nhiệm vụ so sánh đại lượng đầu vào với giá trị cho trước.

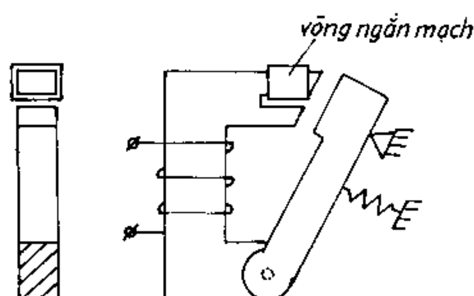
Ở đây mômen quay của phần động được biểu diễn như sau:

$$M_q = \frac{1}{2} i^2 d \frac{L}{d\alpha} \qquad (2\text{-}3)$$

α - góc quay dưới tác động của mômen quay M_q.

Trong trường hợp dòng vào i hình sin:





Hình 2-4. Rơle điện từ kiểu bản lề

$$i = I\sqrt{2}\sin(\omega t + \psi)$$

thì:

$$M_q = \frac{1}{2} I^2 \frac{dL}{d\alpha} - \frac{1}{2} I^2 \frac{dL}{d\alpha} \cos(2\omega t + 2\psi) \qquad (2\text{-}4)$$

Từ (2-4) ta thấy mômen quay gồm thành phần không đổi (giá trị trung bình) $\frac{1}{2}I^2\frac{dL}{d\alpha}$ và thành phần xoay chiều tần số bậc 2. Giá trị L tỉ lệ bình phương với số vòng W trên cuộn dây:

$$L = k_L W^2 \qquad (2\text{-}5)$$

Do đó giá trị trung bình không đổi của mômen quay tỉ lệ với bình phương sức từ động $F = IW$ của cuộn dây:

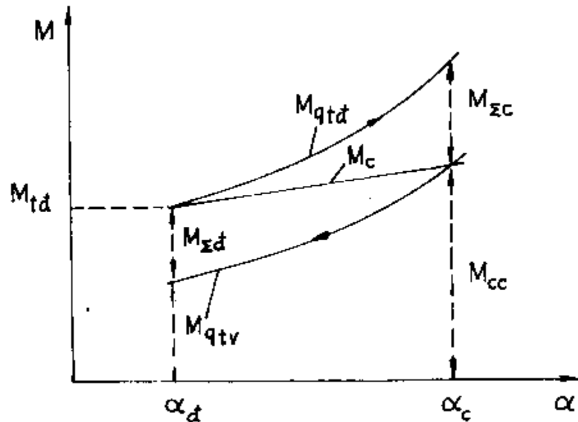
$$M_q = 0{,}5F^2\frac{dk_1}{d\alpha} \qquad (2\text{-}6)$$

Mômen tổng tác động lên phần động (giá trị trung bình) bằng:

$$M_\Sigma = M_q - M_c = 0{,}5\frac{dk_L}{d\alpha}F^2 - M_c \qquad (2\text{-}7)$$

ở đây M_c - lực cản cơ của lò xo.

Trên hình 2-5 biểu diễn các đường đặc tính mômen quay M_{qtd} lúc tác động, lúc trở về M_{qtv} và mômen cản M_c phụ thuộc vào góc quay.



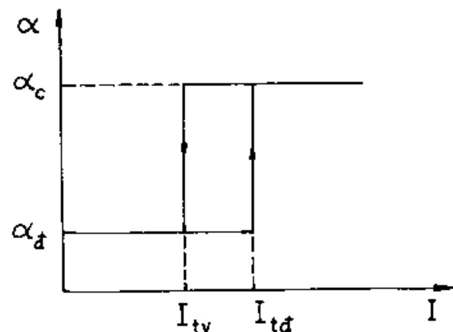
Hình 2-5. Đặc tuyến cơ của phần động cơ của rơle điện từ

Khi rơle tác động, M_{qtd} trở nên lớn hơn M_c, mặc dù dòng I không đổi trong quá trình chuyển động của phần động nhưng do kẽ hở không khí δ (hình 2-4a) giảm nên đạo hàm $dL/d\alpha$ tăng lên, như vậy mômen quay tổng sẽ tăng lên, đạt giá trị $M_{\Sigma c} > 0$ tại vị trí cuối (khi đóng mạch) tương ứng với mômen cản cuối M_{cc}. Muốn phần động trở về cần phải giảm dòng I sao cho mômen quay nhỏ hơn M_{cc}. Khi đó mômen quay tổng sẽ nhỏ hơn 0 đạt giá trị tuyệt đối lớn nhất ở vị trí đầu của phần động.

Nhờ dùng phản hồi dương theo góc quay của phần động α, ta nhận được đặc tuyến tác động kiểu rơle $\alpha = f(I)$ như biểu diễn trên hình 2-6. Như đã nêu, dòng tác động I_{td} bao giờ cũng lớn hơn dòng I_{tv}, ở đó phần động sẽ quay trở về vị trí ban đầu.

Hệ số trở về của rơle quá dòng:

$$K_{tv} = \frac{I_{tv}}{I_{td}} \qquad (2\text{-}8)$$



Hình 2-6. Đặc tuyến xuyến của phần động rơle

Trong trường hợp chung, khi $dk_L/d\alpha$ = const, biểu thức mômen quay (2-6) có thể viết

lại bằng:

$$M_q = kI^2 \tag{2-9}$$

2.3.2. Phương pháp tăng đặc tính sử dụng của rơle

Thành phần xoay chiều của mômen quay ở biểu thức (2-4) làm cho phần động bị rung, tiếp xúc không chắc chắn dễ tạo ra tia lửa, làm giảm tuổi thọ của rơle.

Một trong các phương pháp giảm rung là tạo ra hai từ thông lệch pha nhau bằng cách tách đầu cực nam châm điện làm hai phần, có vòng ngắn mạch bằng đồng bọc lấy một phần của cực đó (hình 2-4b). Từ thông vòng ngắn mạch sẽ làm cho từ thông tổng dao động ít hơn, giá trị luôn dương, do đó mới tiếp xúc chắc chắn hơn.

Một trong những thông số quan trọng của rơle có tiếp điểm là công suất ngắt mạch S_n, tức là tích giữa điện áp U của dòng điện sau khi ngắt mạch, với dòng I_n vào thời điểm trước khi ngắt mạch. Công suất ngắt mạch S_n phụ thuộc vào loại dòng điện: đối với dòng một chiều, S_n nhỏ hơn dòng xoay chiều.

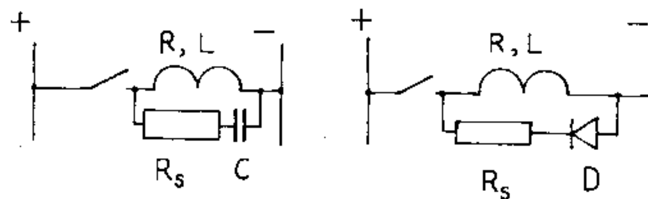
Với một giá trị của S_n khi giảm điện áp, dòng cho phép có thể tăng lên, và ngược lại. Vùng các giá trị cho phép của dòng và điện áp được biểu diễn ở hình 2-7. Như vậy khi chọn rơle, điện áp và dòng sử dụng phải thỏa mãn ba điều kiện:

Hình 2-7. Đồ thị của công suất ngắt mạch

$$U_n \le U_{nmax};\ I \le I_{nmax}\ ;\ U_n \cdot I_n \le S_n \tag{2-10}$$

Đối với dòng một chiều công suất ngắt mạch, S_n phụ thuộc vào hằng số thời gian L/R của mạch bị rơle ngắt. L/R càng lớn, S_n càng nhỏ, vì khi ngắt mạch sẽ tạo ra tia lửa điện do dòng tự cảm, do đó bắt buộc phải giảm thông số kỹ thuật S_n của rơle xuống để tránh xung dòng quá mạnh.

Trong một số trường hợp, với rơle có S_n cho trước mà cần phải sử dụng trong các mạch điện có hằng số thời gian L/R lớn và công suất ngắt mạch lớn, người ta mắc điện trở shunt để giảm tia lửa điện.



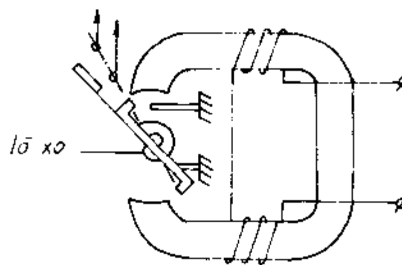
Hình 2-8. Các sơ đồ bảo vệ cuộn rơle

Như trên hình 2-8a, b, dòng tự cảm vào thời điểm ngắt mạch hoặc sẽ tích vào tụ C hoặc chạy qua điôt D làm cho điện áp chỗ ngắt giảm xuống, tránh được tia lửa điện.

Điện trở shunt R_s càng nhỏ càng tốt, tuy nhiên nếu nhỏ quá có thể gây dao động trong mạch.

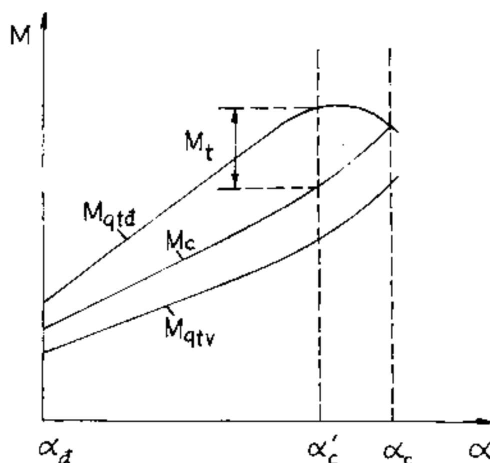
2.3.3. Rơle dòng điện và rơle điện áp

Hai loại rơle này giống nhau về mặt nguyên tắc so sánh, tuy nhiên bộ phận đo lường của chúng khác nhau. Rơle dòng điện thường sử dụng biến dòng hoặc nguồn dòng tỉ lệ với dòng điện cần đo và không phụ thuộc vào trạng thái làm việc của rơle. Muốn vậy người ta thường làm mạch rơle có tổng trở trong nhỏ. Ngược lại, trong rơle điện áp người ta thường dùng biến áp hoặc nguồn sức điện động tỉ lệ với áp cần đo, sao cho áp đó ít phụ thuộc vào trạng thái làm việc của rơle. Muốn vậy người ta mắc nối tiếp với cuộn rơle điện trở phụ có điện trở lớn hơn tổng trở của cuộn dây rất nhiều và áp sẽ phụ thuộc chính vào giá trị của điện trở này.



Hình 2-9. Cơ cấu phần động kiểu chữ Z

Một kiểu cấu trúc của phần so sánh hai loại rơle này được trình bày ở hình 2-9. Rơle có phần động quay hình chữ *Z* có hệ số trở về khá cao.



Hình 2-10. Đặc tuyến mômen phần động của rơle áp (dòng)

Trên hình 2-10 vẽ các đường cong mômen tác động vào phần động của rơle khi nó tác động trở về. Khi tác động, phần động rời vị trí đầu cho đến khi tiếp điểm chạm nhau tại góc α'_c, sau đó tiếp điểm cùng phần động chuyển thêm một góc nhỏ từ α'_c đến α_c xác định bởi độ uốn của phần tiếp điểm tĩnh. Mômen thừa M_t ở điểm α'_c nếu không tính đến ma sát bằng:

$$M_t = M_{qtđ} - M_c - M_{tx} \qquad (2\text{-}11)$$

M_{tx} - mômen do lực uốn phần tĩnh tiếp điểm;

M_t - xác định độ lớn lực ép ở đầu tiếp xúc. Mômen này càng lớn, tiếp điểm của rơle càng khép chắc chắn. Tuy nhiên nếu nó càng lớn thì sự khác nhau giữa $M_{qtđ}$ và M_{qtv} càng nhiều, hệ số trở về K_{tv} càng nhỏ và đó là điều không mong muốn đối với nhiều thiết bị tự động dùng rơle điện cơ.

Trong thực tế người ta chọn $M_{qtđ} = f(\alpha)$ sao cho dung hòa được hai yêu cầu trái ngược: tiếp xúc tốt và hệ số trở về cao. Các rơle này có hệ số trở về $K_{tv} = 0{,}85$.

Người ta phân biệt rơle áp (dòng) cực đại và cực tiểu. Đối với rơle áp (dòng) cực đại, trước lúc tác động $U < U_{tđ}$ ($I < I_{tđ}$), vì vậy phần động của rơle ở vị trí đầu. Khi tác động $U > U_{tđ}$ ($I > I_{tđ}$), phần động chuyển sang vị trí cuối. Còn đối với rơle áp (dòng) cực tiểu, quá trình đó ngược lại. Hệ số trở về của chúng là đại lượng nghịch với hệ số trở về của rơle

áp (dòng) cực đại và bằng khoảng 1,17.

2.3.4. Rơle so lệch dòng điện

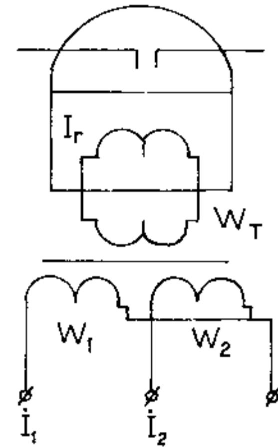
Trên hình 2-11 giới thiệu sơ đồ rơle so lệch dòng có hai dòng điện ở đầu vào đưa qua máy biến dòng *BI* với các hệ số biến đổi:

$$n_1 = \frac{W_T}{W_1}; \; n_2 = \frac{W_T}{W_2} \qquad (2\text{-}12)$$

Dòng I_r chạy trong mạch rơle bằng:

$$I_r = \frac{1}{n_1}\dot{I}_1 + \frac{1}{n_2}\dot{I}_2 \qquad (2\text{-}13)$$

Dòng $\dot{I}_1$ và $\dot{I}_2$ tỉ lệ với các dòng cần so sánh. Khi các dòng này bằng nhau thì $\dot{I}_1 = -\dot{I}_2$, do đó $I_r = 0$. Nếu có sai lệch $I_r \neq 0$, rơle sẽ tác động khi I_r lớn hơn giá trị tác động I_{td}.



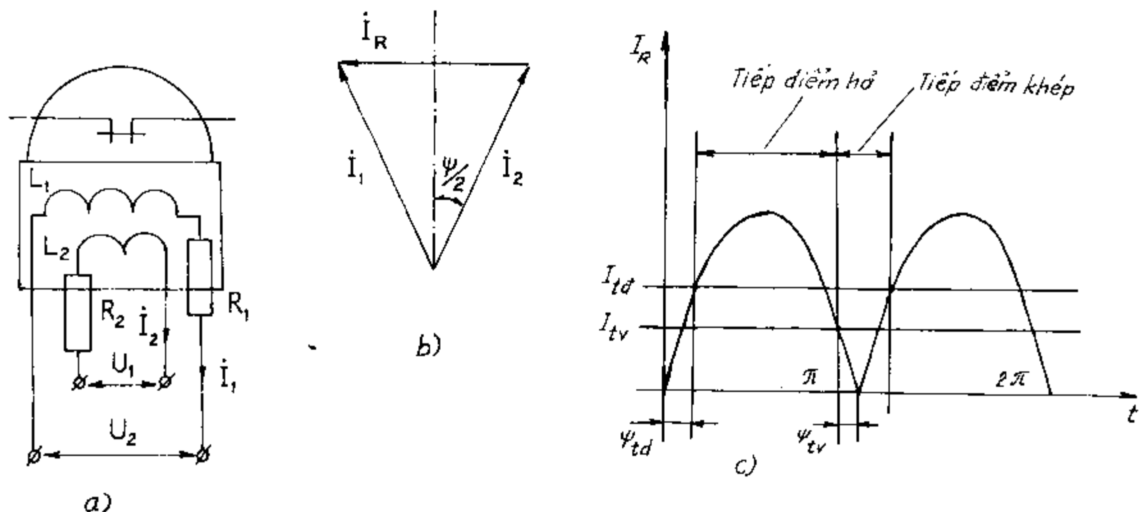
Hình 2-11. Sơ đồ của rơle so lệch dòng điện trở kiểu điện cơ

2.3.5. Rơle kiểm tra đồng bộ

Loại rơle này dùng để kiểm tra mức độ trùng nhau về pha của hai điện áp cùng tần số U_1 và U_2.

Trên hình 2-12a giới thiệu cấu tạo của loại rơle này. Thường người ta lấy $U_1 = U_2 = \text{const}$, khi đó tham số tác động cần phải tỉ lệ với góc ψ lệch pha giữa hai điện áp.

Khi người ta chọn hai cuộn dây L_1, L_2 giống hệt nhau có điện trở $R_1 = R_2$, nhưng đặt ngược nhau quanh một khung từ (hình 2-12b) thì dòng từ tổng của chúng được coi bằng dòng từ tạo bởi một cuộn dây có dòng điện I_r chạy qua (dòng ảo) sao cho:



Hình 2-12. Giới thiệu nguyên lý làm việc của rơle kiểm tra đồng bộ

$$I_r = |\dot{I}_1 - \dot{I}_2| = 2I\sin\frac{\psi}{2} \qquad (2\text{-}14)$$

Khi góc lệch pha ψ đủ lớn, dòng ảo $I_r \geq I_{td}$, rơle sẽ tác động. Góc lệch pha tác động ψ_{td} bằng:

$$\psi_{td} = 2\arcsin\frac{I_{td}}{2I} \qquad (2\text{-}15)$$

Tiếp điểm rơle thuộc loại thường đóng (khi không có điện thì đóng mạch). Vì vậy tiếp điểm ở trạng thái đóng khi góc pha giữa U_1 và U_2 nằm trong giới hạn (hình 2-12c):

$$-\psi_{tv} < \psi < \psi_{td}$$

2.4. RƠLE CẢM ỨNG

2.4.1. Một số khái niệm chung

Rơle cảm ứng hoạt động trên nguyên tắc tương hỗ giữa hai dòng từ thông của hai nam châm điện cố định với phần động có dạng hình trụ hoặc đĩa mỏng làm bằng vật liệu không dẫn từ (hình 2-2b,c). Ở đây chúng ta chỉ xét khi phần động là một đĩa mỏng đồng nhất và đối xứng. Các dòng điện hình sin i_1, i_2 cần so sánh góc pha được chạy qua hai cuộn dây như nhau, các dòng điện cảm ứng i'_1, i'_2 tạo bởi dòng từ thông của i_1 và i_2.

Như ta đã biết, dòng trong cuộn dây cố định khi tác động với dòng cảm ứng do chính nó tạo ra sẽ không sinh ra được mômen quay. Vì vậy chỉ có phần năng lượng từ trường sau đây của (2-1) tạo nên mômen quay trong rơle cảm ứng:

$$W_1 = -M_{12'}.i_1.i'_2 + M_{21'}.i_2.i'_1 \qquad (2\text{-}16)$$

Mômen quay theo (2-2) cuối cùng sẽ bằng:

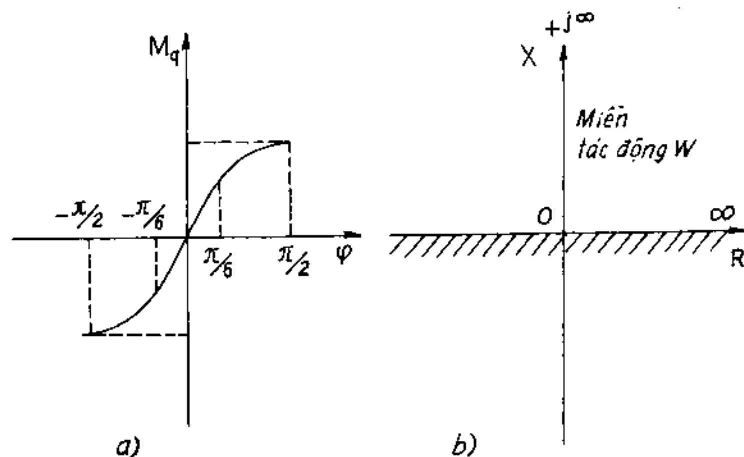
$$M_q = K_0(i_2 i'_1 - i_1 i'_2) \qquad (2\text{-}17)$$

Khi dòng i_1, i_2 có dạng hình sin thì i'_1, i'_2 cũng vậy, ngoài ra hai dòng sau còn chậm pha so với i_1 và i_2 một góc là $\pi/2$. Do đó có thể biến đổi M_q thành:

$$M_q = K.I_1.I_2\sin(\psi_1 - \psi_2) = KI_1I_2\sin\varphi \qquad (2\text{-}18)$$

với ψ_1, ψ_2 - góc pha ban đầu của dòng i_1, i_2 với giá trị hiệu dụng I_1, I_2.

Từ (2-18) ta thấy mômen quay không có thành phần sóng hài và đây là ưu điểm của cơ cấu cảm ứng. Trên hình 2-13a, trình bày quan hệ $M_q = f(\varphi)$, còn hình 2-13b trình bày miền tác động của rơle cảm ứng. Đó là đường thẳng trùng với trục thực của



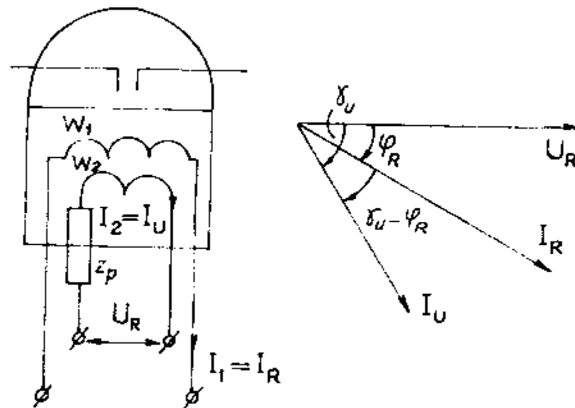
Hình 2-13. Các đặc tuyến của rơle cảm ứng

mặt phẳng phức, vì theo (2-18) $\psi_1 = 0$; $\psi_2 = \pi$.

Trong các thiết bị tự động của hệ thống điện lực, những loại rơle đo lường cảm ứng sau đây thường được dùng : rơle định hướng công suất, rơle tổng trở, rơle tần số, rơle hiệu tần số. Các rơle này thực hiện theo nguyên tắc cảm ứng so sánh hai góc pha của hai dòng.

2.4.2. Rơle định hướng công suất

Rơle định hướng công suất (hình 2-14) sẽ tác động khi góc lệch pha giữa các đại lượng đưa vào rơle I_R và U_R thay đổi. Nhiệm vụ của rơle định hướng công suất chỉ là xác định sự thay đổi góc pha của dòng I_R so với áp U_R chứ không phải đo lường công suất. Vì vậy trong trường hợp chung, các đại lượng U_R và I_R đưa vào rơle có thể là không phụ thuộc vào nhau và tích của chúng không thể hiện một công suất thực nào.



Hình 2-14. Sơ đồ và đồ thị vectơ của rơle định hướng công suất

Trong các cuộn dây của rơle định hướng công suất có các dòng sau:

$$I_1 = I_R$$
$$I_2 = I_u = \frac{U_R}{Z_U} \cdot e^{-j\gamma U} \qquad (2\text{-}19)$$

Trong đó $Z_u = Z_u . e^{j\gamma U}$ là tổng trở của mạch điện áp (có tính đến điện trở phụ Z_p).

Căn cứ vào đồ thị vectơ ở hình 2-14b và biểu thức (2-18), (2-19) ta có mômen quay tác động vào phần động của rơle bằng:

$$M_q = K_R I_R U_R \sin(\gamma_u - \varphi_R) \qquad (2\text{-}20)$$

Giả thiết điều kiện tác động $M_q > 0$ được thực hiện khi $\varphi = \gamma_u - \varphi_R > 0$ (nói cách khác khi dòng I_U chậm sau I_R), khi đó vùng giá trị φ_R mà rơle khởi động sẽ được xác định từ điều kiện (1-27):

$$0 \le \gamma_U - \varphi_R \le \pi$$

nghĩa là:

$$\varphi_R > -\pi + \gamma_U \qquad (2\text{-}21)$$

khi đó theo (2-20) $M_q > 0$.

Đồ thị đường biên của rơle định hướng công suất lý tưởng (mômen lò xo $M_c = 0$) trong mặt phẳng phức là đường thẳng đi qua gốc tọa độ với góc nghiêng γ_U (hình 2-15a).

Góc $\varphi_{Rnmax} = \varphi_U - \pi/2$ gọi là góc có độ nhạy cực đại vì khi đó mômen quay M_q có giá trị lớn nhất.

Trong thực tế, để thuận tiện người ta xây dựng đặc tuyến đường biên của rơle trong mặt phẳng phức của công suất giả tưởng. Đó là tích số:

$$S_R = U_R I_R e^{j\varphi R} = S_R . e^{j\varphi R} \qquad (2\text{-}22)$$

trong đó φ_R - góc mà U_R vượt trước I_R.

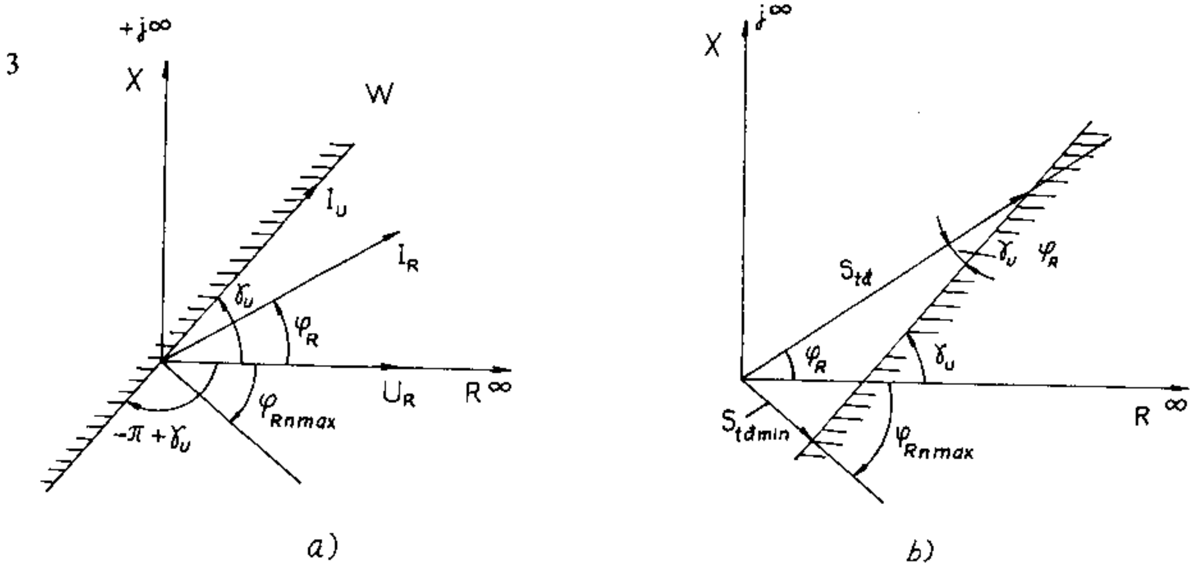
Đối với rơle thực tế ($M_c \neq 0$), giá trị của mômen quay khi tác động sẽ bằng:

$$M_{qtd} = K_R\,(U_R.I_R)_{td}\,.\,\sin(\varphi_U - \varphi_R) = M_c$$

Thay thế $(U_R.I_R)_{td}$ bằng S_{Rtd}, ta có:

$$S_{Rtd} = \frac{M_c}{K_R\sin(\varphi_U - \varphi_R)} \qquad (2\text{-}23)$$

3



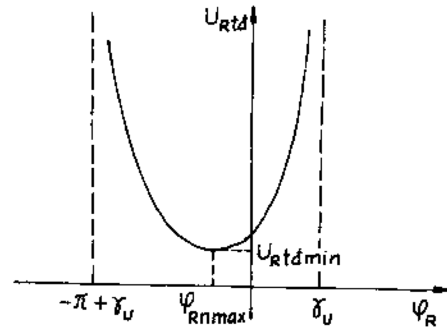
Hình 2-15. Đồ thị đường biên của rơle định hướng công suất

Khi góc $\varphi_R = \varphi_{Rnmax} = \varphi_U - \pi/2$, ta có:

$$SR_{tdmin} = \frac{M_c}{K_R} \qquad (2 - 24)$$

Quỹ tích đỉnh của vectơ $S_{Rtd} = S_{Rtd}.e^{j\varphi R}$ có môđun thỏa mãn điều kiện (2-23), (2-24) chính là đường biên vùng tác động của rơle định hướng công suất trong mặt phẳng S (hình 2-15b).

Trên hình 2-16 trình bày đặc tuyến của rơle xây dựng trong hệ tọa độ vuông góc $\dot{U}_{Rtd} = f(\varphi_R)$ đối với $\dot{I}_R$ = const. Góc γ_u (và nhờ vậy mà φ_{Rnmax} có thể đổi bằng cách điều chỉnh điện trở phụ Z_p (hình 2-14a) trong mạch cuộn điện áp.



Hình 2-16. Xác định góc nhận cực đại của rơle định hướng công suất

2.4.3. Rơle tổng trở

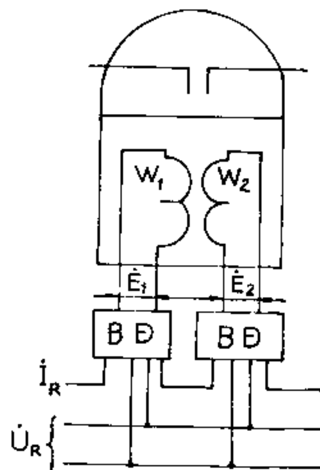
Rơle tổng trở phản ứng theo đại lượng $Z_R = \dfrac{\dot{U}_R}{\dot{I}_R}$ trong đó $\dot{U}_R$ và $\dot{I}_R$ là đại lượng đầu

vào của rơle, có thể phụ thuộc hay độc lập với nhau. Như vậy Z_R nói chung là tổng trở giả tưởng của rơle.

Trong hệ thống điện, thường dùng loại rơle tổng trở cực tiểu. Rơle này tác động khi trị số Z_R của nó nhỏ hơn giá trị đặt trước $Z_{Rtd} = Z_d$.

Rơle tổng trở kiểu cảm ứng được thực hiện theo nguyên tắc so sánh pha các đại lượng $\dot{E}_1$ và $\dot{E}_2$ được tạo thành từ $\dot{U}_R$ và $\dot{I}_R$ qua phần tử biến đổi *BĐ* (hình 2-17) tương tự như ở mục 1.7.1.

Trong mặt phẳng phức $\dot{W} = \dfrac{\dot{E}_1}{\dot{E}_2}$, đường biên vùng tác động của nó là đường thẳng đi qua gốc tọa độ (hình 1-18).



Hình 2-17. Sơ đồ của rơle tổng trở điện cơ

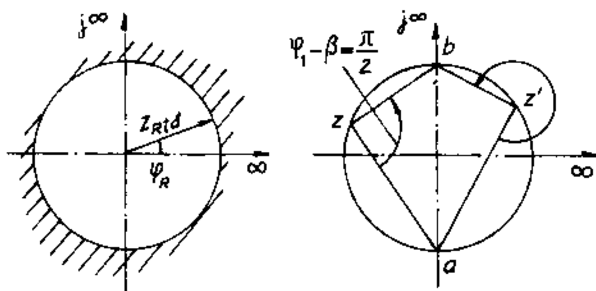
Vùng tác động của rơle:

$$\varphi_1 < \arg\dot{W} < \varphi_1 + \pi \qquad (2\text{-}25)$$

Đại lượng đầu ra $\dot{E}_1$ và $\dot{E}_2$ cần thỏa mãn biểu thức (1-3). Sơ đồ của phần tử biến đổi phụ thuộc vào các hệ số $\dot{K}_1$, $\dot{K}_2$, $\dot{K}_3$, $\dot{K}_4$. Các hệ số này được xác định bởi dạng của đặc tuyến $Z_{Rtd} = f(\varphi_R)$ mong muốn và cách chọn trong mặt phẳng *Z* các điểm đặc biệt sau (xem mục 1.9).

$$\dot{a} = -\frac{\dot{K}_4}{\dot{K}_3}\,;\ \dot{b} = \frac{\dot{K}_2}{\dot{K}_1}\,;\ \beta = \arg\frac{\dot{K}_1}{\dot{K}_3} \qquad (2\text{-}26)$$

trong đó $\dot{a}$ và $\dot{b}$ nhất thiết phải nằm trên đặc tuyến tác động. Việc lựa chọn hợp lý các điểm $\dot{a}$ và $\dot{b}$ cho phép đơn giản cấu tạo của phần tử biến đổi. Việc loại bỏ một trong các hệ số K_i ở (1-8) có nghĩa là đặt một trong hai điểm *a* và *b* ở gốc tọa độ (điểm 0) hoặc ở vô cùng. Khi đó đặc tuyến đường biên phải là đường thẳng (vì có chứa điểm vô cùng). Sơ đồ của phần tử biến đổi *BĐ* còn có thể đơn giản thêm nếu ta chọn tỉ số $\dfrac{\dot{K}_2}{\dot{K}_1}$ và $\dfrac{\dot{K}_4}{\dot{K}_3}$ có giá trị hoàn toàn thực hoặc hoàn toàn ảo. Nếu các tỷ số đó có giá trị thực, thì để nhận được $\dot{E}_1$ và $\dot{E}_2$, sơ đồ *BĐ* chỉ cần dùng một loại biến dòng nối với trở thuần tác dụng. Nếu các tỉ số đó có giá trị ảo, chỉ cần dùng một loại biến kháng. Muốn được các tỉ số nêu trên là thuần ảo hoặc thuần thực thì cần đặt các điểm *a* và *b* trên các trục tọa độ.



Hình 2-18. Đường biên vùng tác động của rơle tổng trở toàn phần

2.4.4. Rơle tổng trở toàn phần

Đường biên vùng tác động rơle là đường tròn tâm ở gốc tọa độ. Như vậy có nghĩa là tổng trở tác động của rơle không phụ thuộc vào góc φ_R giữa U_R và I_R (hình 2-18):

$$Z_{Rtd} = Z_d = const \quad (2\text{-}27)$$

trong đó Z_d - trị số đặt ứng với giá trị Z_R mà rơle tác dụng.

Trong rơle này thường điểm $\dot{a}$ và $\dot{b}$ được chọn nằm trên trục ảo:

$$a = -jZ_{Rtd};\ b = jZ_{Rtd} \quad (2\text{-}28)$$

Vì vùng tác động nằm trong vòng tròn nên điều kiện sau cần thỏa mãn (xem mục 1.9) biểu thức (1-27):

$$\varphi_1 - \beta < \pi < \varphi_1 - \beta + \pi \quad (2\text{-}29)$$

Góc nối tiếp trong đường tròn và chắn một cung có độ dài một nửa đường tròn sẽ có hai giá trị:

$$\varphi_1 - \beta = \frac{\pi}{2} \qquad \text{hoặc } \varphi_1 - \beta = \frac{3\pi}{2} \quad (2\text{-}30)$$

So sánh điều kiện (2-29) với (2-30) ta thấy chỉ có góc: $\varphi_1 - \beta = \frac{\pi}{2}$ là thỏa mãn điều kiện (2-29).

Theo (2-26) và (2-28) có thể xác định hệ số bộ biến đổi:

$$\dot{K}_2 = -\dot{K}_1 jZ_d \quad (2\text{-}31a)$$
$$\dot{K}_4 = \dot{K}_3 jZ_d$$

Như trên đã biết, φ_1 là giới hạn tác động dưới của $\arg\dot{W}$, đại lượng phụ thuộc vào đặc điểm cấu tạo của sơ đồ so sánh góc pha. Giả thiết $\varphi_1 = \pi/2$, vì rằng $\varphi_1 - \beta = \pi/2$ ta có:

$$\beta = \arg\frac{\dot{K}_1}{\dot{K}_3} = 0 \quad (2\text{-}31b)$$

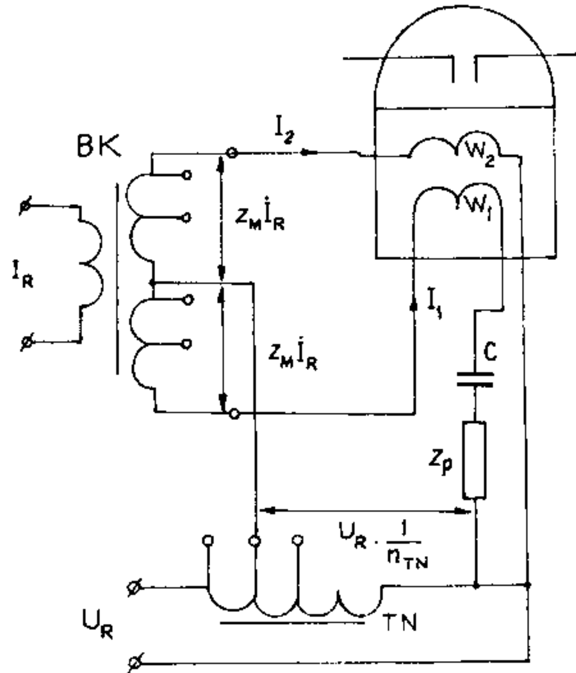
Thường các hệ số $\dot{K}_1$ và $\dot{K}_3$ có giá trị tuyệt đối như nhau $K_1 = K_3$. Do đó sơ đồ so sánh pha có hệ phương trình sau:

$$\left.\begin{aligned} E_1 &= K_1(\dot{U}_R - Z_d I_R e^{j\pi/2}) \\ E_2 &= K_2(\dot{U}_R + Z_d I_R e^{j\pi/2}) \end{aligned}\right\} (2\text{-}32)$$

Trên hình 2-19 trình bày sơ đồ của rơle tổng trở toàn phần kiểu cảm ứng. Trong sơ đồ có tự ngẫu *TN*, biến kháng *BK*. Tự ngẫu *TN* cho phép nhận được hệ số

$$K_1 = K_3 = \frac{1}{n_{TN}}$$

n_{TN} - hệ số biến đổi của tự ngẫu.



Hình 2-19. Sơ đồ rơle tổng trở toàn phần kiểu cảm ứng

Biến kháng BK là biến áp có khe hở không khí trong khung từ với dòng I_R chạy trong cuộn sơ cấp của nó. Vì cuộn thứ cấp của BK làm việc ở chế độ gần không tải nên dòng I_R là dòng từ hóa nhưng nhờ có khe hở không khí nên khung từ không bị bão hòa. Sức điện động thứ cấp bằng:

$$\dot{E}_{BK} = \dot{Z}_M \dot{I}_R = \dot{Z}_M . \dot{I}_R . e^{j\pi/2}$$

Trong đó $Z_m = Z_n . e^{j\pi/2}$ tổng trở hỗ cản giữa các cuộn dây của BK. Biến kháng cho phép nhận được các hệ số $\dot{K}_2 = \dot{K}_4 = \dot{Z}_M . e^{j\pi/2}$

Giá trị tuyệt đối của các hệ số này có thể điều chỉnh bằng cách thay đổi số vòng dây hoặc khe hở không khí.

Điện áp đặt vào cuộn W_1 và W_2 bằng:

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_R \frac{1}{n_{TN}} - Z_M \dot{I}_R e^{j\pi/2}$$
$$\dot{U}_2 = \dot{U}_R \frac{1}{n_{TN}} + Z_M \dot{I}_R . e^{j\pi/2} \qquad (2\text{-}33)$$

Điện áp $\dot{U}_1$ và $\dot{U}_2$ tạo nên trong các cuộn dây W_1 và W_2 các dòng $\dot{I}_1$ và $\dot{I}_2$. Rơle làm việc dựa trên nguyên tắc so sánh pha các dòng này (xem mục 2.4.1.). Như vậy phần tử biến đổi BD của rơle này gồm tự ngẫu TN và biến kháng BK, các cuộn W_1, W_2, tụ C và điện trở phụ R_p.

Mômen quay tác động vào phần động của rơle cảm ứng theo (2-18) bằng:

$$M_q = KI_1 I_2 \sin\varphi$$

Góc φ là góc lệch pha giữa $\dot{I}_1$ và $\dot{I}_2$. Khi $\dot{I}_1$ vượt trước $\dot{I}_2$, $\varphi > 0$, $M_q > 0$, rơle tác động (giả thiết $M_c = 0$). Khi $\varphi \equiv 0$, dòng $\dot{I}_1$ trùng pha với $\dot{I}_2$, rơle ở trạng thái giới hạn của tác động. Ta xét đồ thị vectơ dòng và áp của rơle ứng với trường hợp này (hình 2-20).

Nếu các đại lượng $\dot{U}_R$ và $\dot{I}_R$ có giá trị sao cho:

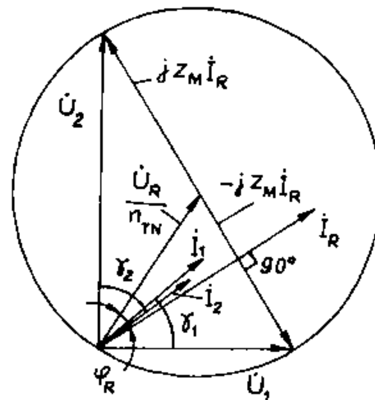
$$|\dot{U}_R| . \frac{1}{n_{TN}} = |Z_M . \dot{I}_R| \qquad (2\text{-}34)$$

thì từ định lý hình học có thể thấy góc giữa các vectơ U_1 và U_2 bằng $\pi/2$. Tụ C và Z_p trong mạch cuộn W_1 được chọn sao cho:

$$\gamma_1 + \gamma_2 = \frac{\pi}{2} \qquad (2\text{-}35)$$

Trong đó $\gamma_1 = (\widehat{U_1, I_1})$; $\gamma_2 = (\widehat{U_2, I_2})$, điều đó có nghĩa là $\dot{I}_1$ trùng pha với $\dot{I}_2$.

Cần nói thêm rằng khi thay đổi $\varphi_R = (\widehat{U_R . I_e})$ nếu vẫn giữ quan hệ (2-35) thì đầu mút các vectơ $\dot{U}_1$ và $\dot{U}_2$ chuyển dịch trên đường tròn có đường kính $2Z_M . \dot{I}_R$, còn các dòng $\dot{I}_1$ và $\dot{I}_2$ vẫn trùng pha nhau. Nói cách khác, sự tác động của rơle không phụ thuộc vào góc φ_R, vì vậy người ta gọi nó là rơle tổng trở toàn phần.



Hình 2-20. Đồ thị vectơ của rơle tổng trở ở trạng thái tác động

Từ (2-34) nếu đặt $n_{TN} = 1$, ta có:

$$Z_M = \left| \frac{U_R}{I_R} \right|_{td} = Z_{Rtd} = Z_d \quad (2\text{-}36)$$

Từ hình 2-20 có thể thấy thêm là nếu $Z_R = U_R/I_R$ nhỏ hơn Z_d, góc $(\widehat{U_1, U_2}) > 90°$, vì γ_1, γ_2 là không đổi so với mạch W_1, W_2 cố định cho trước, cho nên $\dot{I}_2$ vượt trước $\dot{I}_1$, mômen $M_q < 0$, rơle không tác động. Còn nếu $Z_R = U_R/I_R > Z_d$ thì $\dot{I}_1$ vượt trước $\dot{I}_2$, $M_q > 0$, rơle tác động. Rơle này như đã nêu trên là rơle tổng trở toàn phần cực đại. Muốn có rơle tổng trở toàn phần cực tiểu, ta chỉ việc đảo dấu trong biểu thức U_1 và U_2:

$$\left.\begin{aligned} \dot{U}_1 &= \dot{U}_R \frac{1}{n_{TN}} + Z_M.\dot{I}_R.e^{j\pi/2} \\ \dot{U}_2 &= \dot{U}_R \frac{1}{n_{TN}} - Z_M.\dot{I}_R.e^{j\pi/2} \end{aligned}\right\} \quad (2\text{-}37)$$

2.4.5. Rơle tổng trở có hướng (đặc tuyến mho)

Trên hình 2-21 giới thiệu đường biên vùng tác động của rơle tổng trở có hướng. Đó là đường tròn qua gốc tọa độ. Tổng trở tác động phụ thuộc vào góc và được xác định bởi biểu thức:

$$Z_{td} = Z_d \cos(\varphi_{Rnmax} - \varphi_R) \quad (2\text{-}38)$$

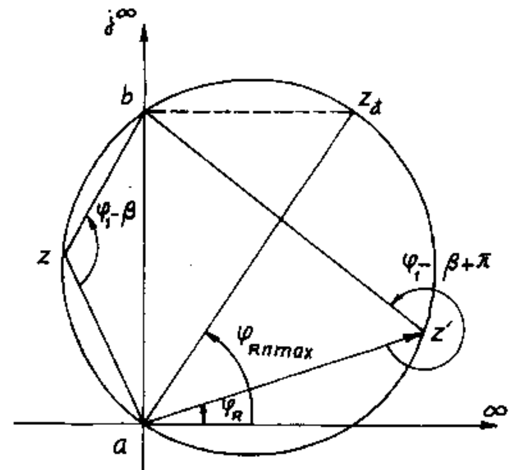
trong đó Z_d - tổng trở tác động của rơle ứng với góc có độ nhạy cực đại φ_{Rnmax}.

Điểm a thường đặt ở gốc tọa độ (xem mục 1.9), vì vậy:

$$\dot{a} = \frac{\dot{K}_4}{\dot{K}_3} = 0$$

Điểm b thuận tiện đặt trên trục ảo (xem (1-24)):

$$\dot{b} = \frac{\dot{K}_2}{\dot{K}_1} = jZ_d \sin\varphi_{Rnmax}$$



Hình 2-21. Đặc tuyến mho của rơle tổng trở có hướng

Góc $\varphi_1 - \beta$ thỏa mãn điều kiện (1-27) vì rơle đang xét là rơle tổng trở cực tiểu có vùng tác động bên trong đường biên. Như đã nói, góc φ_1 xác định bởi đặc điểm của sơ đồ so sánh. Biết được φ_1 từ góc $\varphi_1 - \beta$ có thể xác định được:

$$\beta = \varphi_1 - (\varphi_1 - \beta) = \arg\frac{\dot{K}_1}{\dot{K}_3} \quad (2\text{-}39)$$

Nếu chọn $\dot{K}_1 = \dot{K}_3$ thì áp đưa vào các cuộn dây của phần so sánh của loại rơle này được xác định bởi biểu thức sau (xem (1-8)):

$$\left.\begin{aligned} \dot{U}_1 &= \dot{K}_1\dot{U}_R - \dot{K}_2\dot{I}_R e^{j\pi/2} \\ \dot{U}_2 &= \dot{K}_3\dot{U}_R e^{j\beta} \end{aligned}\right\} \quad (2\text{-}40)$$

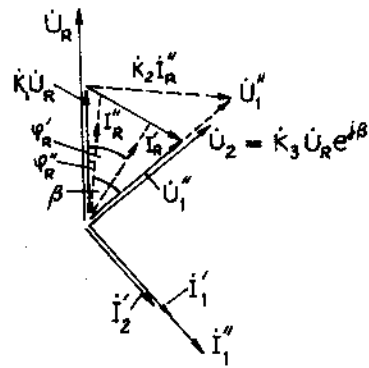
Đồ thị vectơ áp và dòng của rơle đang xét ứng với trạng thái tác động của rơle được trình bày ở hình 2-22.

Rơle tác động khi dòng $\dot{I}_1$ vượt trước $\dot{I}_2$.

Trên hình 2-22 giới thiệu trường hợp khi $\varphi'_R > \varphi''_R$ ta thấy $I''_R > I'_R$

suy ra: $Z'_{Rtd} = \frac{U_R}{I'_R} > Z''_{Rtd} = \frac{U_R}{I''_R}$

Như vậy trị số của tổng trở khởi động của rơle phụ thuộc vào góc φ_R.



Hình 2-22. Đồ thị vectơ khi tác động của vectơ tổng trở có hướng

2.4.6. Rơle tần số kiểu cảm ứng

Rơle tần số tác động khi tần số dòng xoay chiều bị giảm. Các dòng $\dot{I}_1$ và $\dot{I}_2$ trong các cuộn dây của rơle (hình 2-23a) được tạo nên từ áp U_R đưa vào rơle. Cuộn W_1 nối tiếp với tụ C, còn cuộn W_2 với điện trở phụ R_p, nhờ vậy pha các dòng này phụ thuộc vào tần số với mức độ khác nhau:

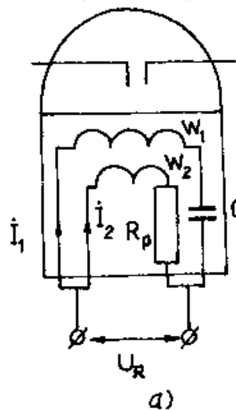
$$\left.\begin{aligned} I_1e^{j\gamma_1} &= U_R\frac{1}{R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})} \\ I_2e^{j\gamma_2} &= U_R\frac{1}{R + R_p + j\omega L} \end{aligned}\right\} \tag{2-41}$$

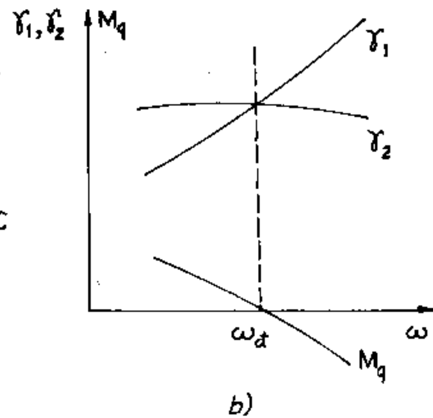
ở đây: R - điện trở tác dụng của các cuộn W_1 và W_2

L - cảm kháng của các cuộn W_1 và W_2.

Trị số tuyệt đối của các dòng I_1 và I_2 khi U_R = const phụ thuộc vào tần số không nhiều và có thể coi là không đổi.

Thường thì $R_p >> \omega L$, vì vậy, góc pha γ_2 của dòng I_2 thay đổi rất ít theo tần số (hình 2-23b). Góc pha γ_1 của dòng I_1 phụ thuộc vào tần số:





Hình 2-23. Giải thích nguyên lý làm việc của rơle tần số kiểu cảm ứng

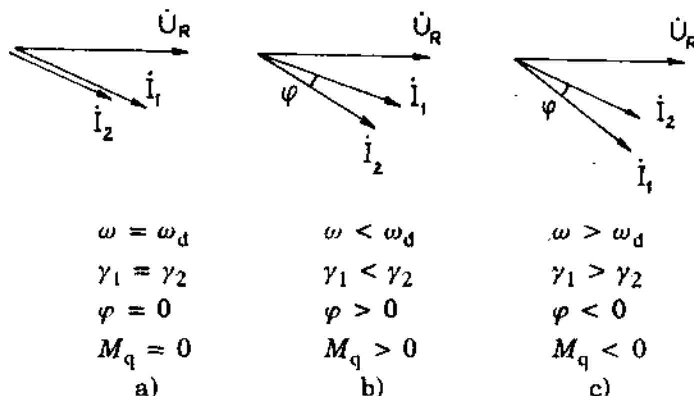
$$\gamma_1 = \text{arctg}\frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} \tag{2-42}$$

ứng với giá trị W_d - giá trị đặt của tần số tác động, dòng I_1 và I_2 trùng pha nhau, $\varphi = \gamma_2 - \gamma_1 = 0$ (hình 2-23b) mômen quay $M_q = 0$. Nếu $\omega < \omega_d$, dòng I_1 vượt trước I_2 (hình 2-24b)

$M_q > 0$, rơle tác động, khép tiếp điểm.

Nếu tần số dòng I_1 chậm pha sau I_2 (hình 2-24c), $M_q < 0$ và tiếp điểm hở.

Vì phần động có lò xo giữ sao cho khi không có điện tiếp điểm hở $M_c \neq 0$, nên trong thực tế rơle chỉ tác động khi $M_q \geq M_c$, nghĩa là khi $\varphi \geq 5 \div 6^o$. Như vậy giá trị tần số tác động ω_{td} nhỏ hơn ω_d đôi chút. Ngoài ra để phần động chuyển dịch đến phần cuối và khép chắc chắn tiếp điểm, cần phải giảm nhỏ đôi chút tần số so với ω_{td}.



Hình 2-24. Giá trị mômen quay ứng với các tần số khác nhau

Tần số giảm liên tục, rất chậm nhưng giảm không nhiều, vì vậy khác với rơle định hướng công suất cũng như rơle tổng trở đã xét ở trên, rơle tần số không thể làm việc tốt nếu không có phản hồi dương được thực hiện nhờ nam châm vĩnh cửu và phiến sắt từ gắn chặt vào phần động của rơle. Trong quá trình chuyển dịch của phần động khỏi vị trí đầu, phiến sắt từ rời xa thanh nam châm, lực tương tác giữa chúng giảm, nhờ vậy mômen cản giảm. Mômen quay tổng nhờ vậy tăng lên theo góc quay của phần động.

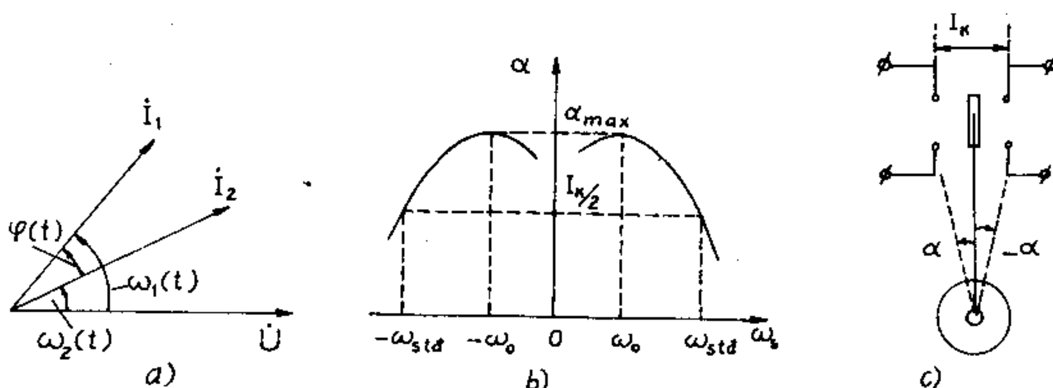
Giá trị ω_d có thể điều chỉnh bằng cách thay đổi giá trị R_p trong mạch I_2, khi đó góc γ_2 cũng thay đổi:

$$\gamma_2 = \text{arctg}\frac{\omega L}{R + R_p} \qquad (2\text{-}43)$$

Vậy R_p chính là phần tử đặt.

2.4.7. Rơle hiệu tần số

Rơle hiệu tần số làm việc theo tốc độ góc trượt ω_s giữa hai đại lượng điện thay đổi theo



Hình 2-25. Giải thích nguyên lý làm việc của rơle hiệu tần số

hình sin với tần số ω_1 và ω_2 ($\omega_s = \omega_1 - \omega_2$). Rơle tác động khi $0 \leq \omega_s \leq_{sd}$ và không tác động khi $\omega > \omega_{sd}$ (ω_{sd} - giá trị đặt của tham số tác động). Dòng I_1 và I_2 trong các cuộn dây thay đổi với tốc độ góc khác nhau. Vì vậy góc lệch pha giữa các dòng và mômen quay M_q là hàm theo thời gian (hình 2-25a).

$$\varphi(t) = (\omega_1 - \omega_2)t = \omega_s.t$$

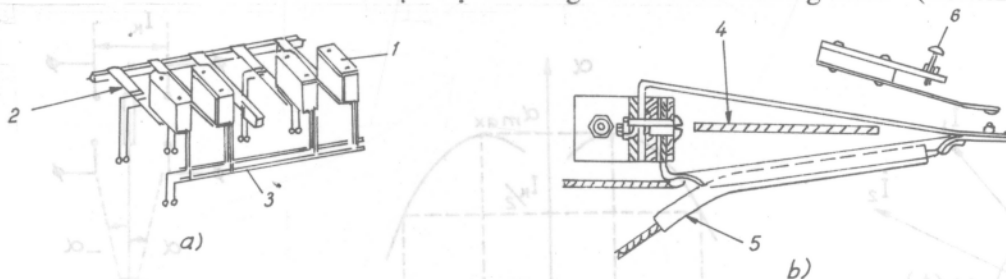
$$M_q = KI_1I_2\sin\omega_s t. \qquad (2\text{-}44)$$

Dưới tác dụng của mômen quay M_q thay đổi theo hình sin với tốc độ góc trượt ω_s, góc quay α của phần động cũng thay đổi theo thời gian theo quy luật hình sin. Phần động của rơle có tần số dao động riêng là ω_o. Biên độ dao động của phần động (góc α) phụ thuộc vào ω_s (hình 2-25b). Nói cụ thể hơn, biên độ dao động đó phụ thuộc vào khoảng cách giữa ω_s và ω_o. Trên hình 2-25b trình bày đặc tuyến biên độ - tần số của phần động. Khi $\omega_s = \omega_o$ biên độ dao động có giá trị lớn nhất và khi đó có hiện tượng cộng hưởng. Khi $\omega_s = \omega_{sd}$, biên độ dao động bằng $\frac{I_K}{2}$ đủ để tiếp điểm một trong hai phía khép ngắn hạn (hình 2-25c). Vì tiếp điểm chỉ khép ngắn hạn nên trong thiết bị tự động sử dụng loại rơle này cần có bộ phận ghi nhận tín hiệu tác động này.

Cần lưu ý rằng giá trị ω_{sd} phụ thuộc vào cả giá trị tuyệt đối của dòng I_1 và I_2, vì mômen quay M_q phụ thuộc vào tích số của chúng (xem (2-44)). Vì vậy nếu áp đưa vào rơle U_R có thể thay đổi thì cần dùng biện pháp để duy trì giá trị tuyệt đối của dòng không đổi.

2.5. RƠLE NHIỆT

Rơle nhiệt nói chung không được dùng để bảo vệ đường dây truyền tải. Lĩnh vực sử dụng của rơle loại này thường là để bảo vệ động cơ chống quá tải và quá dòng so lệch. Bộ phận thao tác của rơle là thanh kim loại hai lớp được gắn chặt với nhau, mỗi lớp làm từ kim loại hay hợp kim có độ giãn nở nhiệt α khác nhau. Thanh kim loại này có thể được uốn thành hình xoắn ốc để làm tăng độ dài, do đó độ nhậy cảm của nó cũng tăng lên. Thanh kim loại với hệ số giãn nở nhiệt thấp thường gọi là phần thụ động. Ở đây thường hay dùng nhất là Invar, loại hợp kim giữa sắt và niken có $\alpha \approx 0$. Phần hoạt tính với α cao, có thể sử dụng thép crôm-niken ($\alpha \approx 20.10^{-6}$), thép molipđen, constantan hoặc đồng thau. Để tránh sai số do nhiệt độ thường có ở rơle lưỡng kim (hình2-26a)



Hình 2-26. Cấu tạo của các loại rơle nhiệt

a. Rơle nhiệt ba pha với thanh dẫn lưỡng kim (bimetal); b. Rơle nhiệt một pha nhiều thanh kim loại (unimetal): 1. Hộp tiếp điểm; 2. Thanh lưỡng kim; 3. Mạch điện đi cắt; 4. Lớp cách nhiệt điều chỉnh được; 5. Vỏ cách điện; 6. Vít điều chỉnh khoảng cách tiếp điểm.

và để tăng khả năng chịu rung động, người ta áp dụng kết cấu nhiều thanh kim loại gắn vào nhau như kiểu kẹp tóc, trong đó có một nhánh có dòng điện chạy qua (hình 2-26b). Cơ cấu này cho phép giữ ổn định khoảng cách tiếp điểm khi có rung động hay nhiệt độ môi trường thay đổi.

Đôi khi thanh lưỡng kim cho dòng trực tiếp chạy qua nó, nhưng thường dùng hơn cả là các cuộn dây đốt nóng đặt cạnh hoặc quấn quanh nó. Bộ phận nhiệt này có thể được để hở hay đặt trong hộp cách nhiệt tùy theo đặc tuyến tác động của rơle nhiệt. Thí dụ, thanh lưỡng kim xoắn ốc đốt nóng gián tiếp đặt trong hộp cách nhiệt được dùng khi cần có độ chính xác cao và thời gian trở về lâu. Khi muốn giảm thời gian giải trừ rơle và không để ý đến độ chính xác, có thể sử dụng kết cấu kiểu kẹp tóc và không có vỏ cách nhiệt.

Thanh lưỡng kim có một hạn chế là đặc tuyến của nó bị ảnh hưởng của dòng tải chạy qua trong chế độ làm việc bình thường trước khi có sự cố. Sơ đồ kiểu kẹp tóc nhiều thanh kim loại có thể loại trừ được ảnh hưởng này, vì dòng tải có thể làm biến dạng cả hai nhánh kim loại theo hai hướng khác nhau làm cho vị trí tiếp điểm động không thay đổi. Có thể điều chỉnh sự cân bằng này bằng cách thay đổi vị trí lớp cách nhiệt giữa hai nhánh kim loại để nhánh thứ hai biến dạng nhiều hay ít.

Lực uốn của thanh kim loại tỉ lệ với nhiệt lượng tỏa ra, tức là tỉ lệ với I^2R, ở đây R là điện trở thanh kim loại hoặc cuộn đốt. Độ di chuyển δ của tiếp điểm động sử dụng thanh lưỡng kim Invar - đồng thau được biểu thị bởi công thức [20]:

$$\delta = \frac{11,935.(T_2 - T_1)l^3}{10^9.\omega} \text{ ,mm} \qquad (2-45)$$

với T_1, T_2 - nhiệt độ thanh kim loại lúc ban đầu và khi bị đốt nóng,

l, ω - tương ứng là độ dài và độ dày của thanh kim loại (mm).

Thí dụ khi ta có thanh lưỡng kim với l = 100 mm, ω = 1 mm, chênh lệch nhiệt độ $T_2 - T_1 = 100^0$ thì phần tiếp điểm động sẽ di chuyển khoảng cách là 1,19 mm.

2.6. CÁC BỘ PHẬN CỦA RƠLE ĐIỆN CƠ

2.6.1. Vòng đỡ trục (bạc)

Các rơle điện cơ có độ chính xác cao như rơle cảm ứng thường dùng kết cấu kiểu chân kính có trụ nhọn tựa trên mặt đá với độ cứng rất cao và có ma sát thấp. Bản thân mặt đá có thể đặt trên lò xo giảm chấn để tránh rung động.

Các kết cấu kiểu vòng bi có ưu điểm là chống ma sát tốt và chống được lực lắc ngang và lực đồng trục, tuy nhiên phải được chế từ vật liệu tốt để tránh bị mài mòn. Trong rơle điện cơ, đường kính trong của vòng bi có thể nhỏ tới 0,15 mm.

2.6.2. Giá chắn

Trường hợp khi rơle có mômen trở về mạnh trong điều kiện bình thường nhưng lại làm việc với các tham số tác động thấp, có khả năng phần động sẽ bị dính vào giá chắn. Đó có thể là do giá chắn bị nhiễm từ trong quá trình làm việc. Bụi kết hợp với độ ẩm hoặc nấm mốc cũng có thể là nguyên nhân gây dính phần động. Đôi khi cấu trúc vi thể của các bề mặt tiếp xúc gồ ghề cũng có thể làm cho chúng bị khóa vào nhau.

Để tránh hiện tượng này cần phải sử dụng giá chắn làm từ các vật liệu không nhiễm từ, cần thường xuyên định kỳ bảo dưỡng rơle. Nói chung nên dùng cánh tay đòn của tiếp điểm bằng kim loại tiết diện tròn và giá chắn bằng nhựa có bề mặt nhẵn.

2.6.3. Tiếp điểm

Tiếp điểm thường là bộ phận quyết định độ tin cậy của rơle điện cơ. Sự ăn mòn bề mặt và bị dính đất cát có thể làm cho rơle không làm việc. Vì vậy, hình dạng và vật liệu của tiếp điểm có vai trò khá quan trọng khi sử dụng.

a. Cấu tạo tiếp điểm.

Các tiếp điểm hình trụ với tiếp xúc thẳng góc thường được dùng trong các rơle điện cơ, vì cho phép đảm bảo tối ưu lực ép đủ mạnh trong khi mật độ dòng điện không bị tập trung quá cao tại điểm làm việc khiến nó bị cháy.

Vật liệu làm tiếp điểm thường bằng bạc vì kim loại này có điện trở thấp, khó bị ôxy hóa, đồng thời các hợp chất bạc ôxyt và bạc sunfit lại dễ dàng làm sạch hơn so với các kim loại khác. Đồng ít khi được sử dụng vì điện trở của tiếp điểm đồng sạch lớn hơn 11 lần so với bạc, còn khi bị ôxy hóa, lớn hơn vài trăm ngàn lần. Khi đóng ngắt dòng lớn, thí dụ khi dòng xoay chiều, có thể dùng hợp kim bạc- ôxyt cadmi. Loại này có điện trở thấp như của bạc song không bị nóng chảy và khó bị dính. Với dòng và áp lực tiếp điểm nhỏ, có thể dùng hợp kim gồm 67% vàng, 26% bạc và 7% platin. Loại tiếp điểm có áp lực lớn thường được dùng vì cho phép khép mạch ngay cả bị bám bẩn. Tiếp điểm chất lượng cao là loại tiếp điểm có áp lực khép mạch lớn, mặt tiếp xúc nhẵn và cứng, có cơ cấu chống rung và sử dụng vỏ chống bụi. Ngoài ra cần sử dụng các loại vecni cách điện cho các cuộn dây sao cho khi bị đốt nóng chúng không thoát ra và đọng lại trên mặt tiếp điểm. Ở đây có thể dùng loại vecni pôlyeste hoặc epoxy để giải quyết vấn đề này.

b. Sự ăn mòn kim loại (rỉ sét)

Tiếp điểm kim loại thường xuyên bị ăn mòn bởi tác dụng ôxy hóa của môi trường xung quanh cũng như trong quá trình làm việc.

Người ta có cảm giác ôxyt bạc là chất dẫn điện tốt. Thực chất nó lại là một chất cách điện với điện trở khoảng 40 $M\Omega/cm^3$. Tuy vậy nó dễ dàng bị phá hủy bởi nhiệt độ (200°C) và lực ép cơ học, ngoài ra nó lại rất mỏng ($\approx 10^{-9}$m) nên không gây ảnh hưởng đến độ dẫn điện của tiếp điểm.

Bạc sunphit tuy khó làm sạch hơn song vẫn có thể bị phá hủy bởi áp lực tiếp điểm và nhiệt độ. Ngoài ra hệ số điện trở của nó khá thấp (0,017 Ω/cm^3).

Để giảm ảnh hưởng của các lớp rỉ sét người ta dùng hai biện pháp: tăng điện áp làm việc của tiếp điểm hoặc tăng áp lực tiếp xúc của nó. Với điện áp một chiều lớn hơn 50 V, chỉ cần dùng áp lực 1 gam. Còn khi điện áp thao tác dưới 50 V nên dùng áp lực khoảng 8 gam. Đối với giác cảm tĩnh tại, đôi khi cần tới áp lực 500 gam vì điện áp có lúc rất nhỏ.

c. Công suất duy trì và ngắt mạch của tiếp điểm

Khả năng chịu dòng của tiếp điểm phụ thuộc vào trọng lượng, vào độ dẫn nhiệt, độ dẫn điện và điện trở tiếp xúc của tiếp điểm. Hai tham số đầu thể hiện khả năng hấp thụ nhiệt,

còn hai tham số sau thể hiện khả năng tỏa nhiệt (tỉ lệ với I^2R) của nó.

Đối với các tiếp điểm hình trụ bằng bạc, khả năng chịu dòng có thể được tính gần đúng như trên bảng 2-1 đối với các ứng dụng và điện áp làm việc khác nhau. Ở đây giả thiết rằng tiếp điểm thao tác ít hơn 5000 lần cho đến khi phải bảo dưỡng, và số lần thao tác tỉ lệ nghịch với dòng làm việc.

Bảng 2-1. **Công suất duy trì và đóng ngắt mạch của tiếp điểm dùng trong rơle điện cơ**

Ứng dụng	Đường kính hình trụ	Điện áp làm việc, V	Dòng đóng ngắt trong 200ms, A	Dòng duy trì, A
Rơle phụ	5 mm	≤ 110	30	7
		> 110	$\sqrt[3]{\frac{3.10^6}{V}}$	7
Rơle bảo vệ	3 mm	≤ 110	15	4
		> 110	$\sqrt[3]{\frac{4.10^5}{V}}$	4
Rơle nhậy	1 mm	≤ 110	7,5	2
		> 110	$\sqrt[3]{\frac{5.10^4}{V}}$	2

Khi đóng mạch, dòng qua tiếp điểm sẽ tăng theo đồ thị hàm mũ với hằng số thời gian vào khoảng 200 ms đối với mạch có trở cảm ứng cao (như cuộn cắt của máy cắt, cuộn làm việc của rơle phụ) và bằng khoảng 100 ms đối với mạch điện trở. Thời gian này còn nhỏ hơn nữa đối với mạch dung kháng hoặc đèn đốt vì dòng xung kích của chúng lớn gấp nhiều lần so với dòng danh định.

Các rơle bảo vệ bình thường không dùng để cắt trực tiếp nguồn vì mạch của nó thường bị ngắt bởi tiếp điểm phụ của máy cắt. Tuy nhiên trong một vài trường hợp nó có thể phải cắt cuộn làm việc của rơle trung gian hoặc rơle thời gian. Các rơle bảo vệ có công suất cắt S_n tới 100 VA xoay chiều điện áp 120 V hoặc 10 W một chiều mạch điện cảm. Với sơ đồ dập hồ quang (hình 2-8), nó có thể có công suất cắt S_n tới 50 W một chiều điện áp 250 V. Đối với các rơle nhạy, các giá trị này có thể nhỏ hơn tùy theo cấu tạo, còn rơle phụ có thể có công suất cắt khoảng 500 VA xoay chiều hoặc 50 W một chiều mạch điện cảm. Tùy theo cấu tạo và sử dụng chất liệu tiếp điểm đặc biệt, công suất này có thể tăng lên nhiều lần.

Chương 3

CÁC PHẦN TỬ BIẾN ĐỔI VÀ KHUẾCH ĐẠI CỔ ĐIỂN

3.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Trong các hệ thống điều khiển và bảo vệ mạng điện, phần tử biến đổi làm nhiệm vụ chuyển đổi các tham số điện của đối tượng điều khiển cũng như các tín hiệu nhiễu tác động lên đối tượng điều khiển và thiết bị điều khiển tự động, thành các đại lượng khác thuận tiện cho việc truyền tải, xử lý và lưu trữ trong thiết bị điều khiển tự động.

Nếu chỉ giới hạn việc biến đổi đại lượng liên tục ở đầu vào thành đại lượng liên tục ở đầu ra, các phần tử biến đổi có thể phân loại theo các nhóm sau:

1. Biến đổi áp, dòng hình sin thành áp, dòng hình sin;
2. Biến đổi áp, dòng hình sin thành áp, dòng một chiều;
3. Biến đổi các đại lượng khác (công suất, góc lệch pha, tần số) thành áp, dòng một chiều...

Trong cuốn sách này giới thiệu một số phần tử biến đổi cổ điển đã được ứng dụng rộng rãi trong các thiết bị tự động và bảo vệ hệ thống điện lực như một số bộ lọc thành phần đối xứng, bộ tạo áp có pha thay đổi, phần tử chuyển đổi công suất thành áp và dòng một chiều. Phần cuối chương có giới thiệu các bộ khuếch đại từ. Trong các thiết bị trên đây, các bộ lọc thành phần đối xứng có vị trí đặc biệt quan trọng, chúng được sử dụng trong các thiết bị bảo vệ các đường dây tải điện ba pha. Như ta đã biết, dòng và áp trong các ngắn mạch không đối xứng (một pha, hai pha v.v...) và trong các chế độ bất thường khác, khi dòng, áp, góc pha tại các pha khác nhau không bằng nhau, rất khó có thể xác định chúng bằng các phương pháp thông thường ứng dụng trong các chế độ đối xứng. Để đơn giản hóa việc tính toán các chế độ không đối xứng tải điện ba pha, từ năm 1918 người ta đã đưa ra phương pháp tính gọi là phương pháp thành phần đối xứng.

Thực chất của phương pháp như sau: bất kỳ một hệ vectơ không đối xứng, biểu thị các tham số điện ở các pha *A, B, C* có thể thay bằng tổng ba hệ vectơ ba pha đối xứng: hệ thứ tự thuận (TTT), hệ thứ tự nghịch (TTN) và hệ thứ tự không (TTK), tức là:

$$\begin{aligned} \dot{I}_A &= \dot{I}_{A1} + \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} \\ \dot{I}_B &= \dot{I}_{B1} + \dot{I}_{B2} + \dot{I}_{B0} \\ \dot{I}_C &= \dot{I}_{C1} + \dot{I}_{C2} + \dot{I}_{C0} \end{aligned} \qquad (3\text{-}1)$$

hoặc sau khi biến đổi:

$$\begin{aligned} 3\dot{I}_{A1} &= \dot{I}_A + a\dot{I}_B + a^2\dot{I}_C \\ 3\dot{I}_{A2} &= \dot{I}_A + a^2\dot{I}_B + a\dot{I}_C \\ 3\dot{I}_{A0} &= \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C \end{aligned} \qquad (3\text{-}2)$$

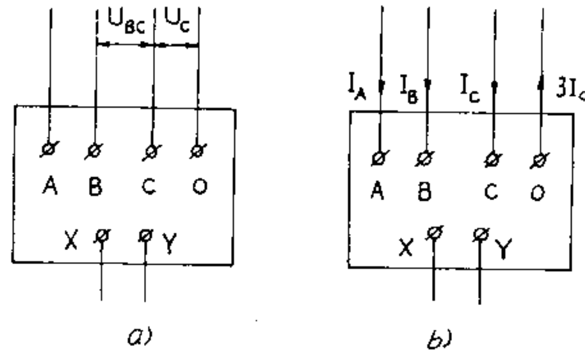
Ở đây các chỉ số "1, 2, 0" - tương ứng với các vectơ của hệ đối xứng thuận, nghịch và không.

a - toán tử pha: $a = e^{j2\pi/3}$.

Khi đó chế độ điện không đối xứng được đưa về dạng các chế độ điện đối xứng.

3.2. NHỮNG YÊU CẦU CƠ BẢN ĐỐI VỚI CÁC BỘ LỌC THÀNH PHẦN ĐỐI XỨNG

Nhiệm vụ của bộ lọc thành phần đối xứng là trích ra trong hệ thống dòng hoặc áp ba pha không đối xứng dòng hoặc áp, tỷ lệ với thành phần thứ tự thuận, thứ tự nghịch và thứ tự không.



Hình 3-1. Cách mắc đầu vào ở các bộ lọc thành phần đối xứng

Một bộ lọc đơn giản cần phải có ba hay bốn đầu vào, và hai đầu ra. Trên hình 3-1a,b trình bày hình dáng bên ngoài của bộ lọc áp (a) và bộ lọc dòng (b). Nếu bộ lọc đang xét dùng để lọc thành phần nào, thì khi không có thành phần đó ở đầu vào, đại lượng đầu ra phải bằng không. Ví dụ, đối với bộ lọc áp thứ tự nghịch, áp ở đầu ra của bộ lọc phải bằng không, nếu áp ở đầu vào chỉ chứa thành phần thứ tự thuận U_1 hoặc thành phần thứ tự không U_o:

$$\dot{U}_1' = 0 \qquad (3\text{-}3)$$

$$\dot{U}_o' = 0 \qquad (3\text{-}4)$$

U'_1, U'_0 - áp ở đầu ra khi đầu vào tương ứng là áp thứ tự thuận và áp thứ tự không.

Nếu ở đầu vào có áp U_2 chỉ chứa thành phần thứ tự nghịch thì áp đầu ra phải khác không và tỉ lệ với áp đầu vào:

$$\dot{U}'_2 = m\dot{U}_2 \neq 0 \qquad (3\text{-}5)$$

Đối với bộ lọc áp, dòng thứ tự thuận hoặc thứ tự không, ta cũng có thể đưa ra những điều kiện tương đương. Cần chú ý rằng những điều kiện này chỉ cần được thỏa mãn trong chế độ làm việc nhẹ nhàng nhất là chế độ không tải (hở mạch thứ) đối với lọc áp, và chế độ ngắn mạch đầu ra đối với lọc dòng, thì cũng sẽ được thỏa mãn trong các điều kiện khi có tải khác.

Đối với bộ lọc áp thứ tự thuận và thứ tự nghịch, điều kiện (3-4) có thể không đề cập đến, nếu như đầu vào của bộ lọc chỉ có áp dây $U_{dây}$. Đó là do áp dây không bao giờ chứa thành phần thứ tự không. Muốn vậy ở hình 3-1a chỉ cần bỏ đầu 0 và phía vào như vậy chỉ cần ba đầu *A, B, C*. Đối với các bộ lọc dòng thứ tự thuận và thứ tự nghịch cũng vậy, nếu đầu vào không phải là các dòng pha mà là hiệu của chúng, thì cũng không cần điều kiện tương tự như (3-4).

3.3. CÁC THAM SỐ VÀ CHỈ TIÊU CỦA BỘ LỌC

Các tham số chính của bộ lọc là hệ số biến đổi m và tổng trở đầu ra. Hệ số biến đổi m

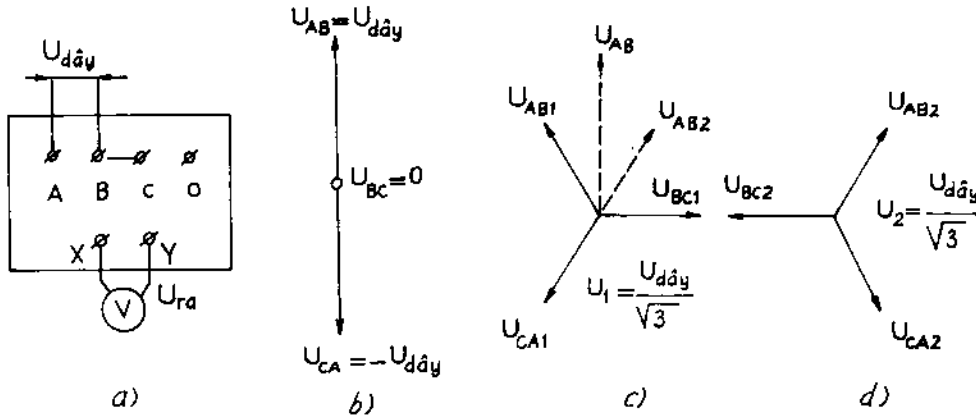
với bộ lọc áp là tỉ số giữa áp đầu ra không tải và áp đầu vào, còn đối với bộ lọc dòng là tỉ số giữa dòng đầu ra khi đầu này khép ngắn mạch và dòng đầu vào. Thí dụ, đối với bộ lọc áp thứ tự nghịch, theo (3-5) ta có:

$$m_{U2} = \frac{\dot{U}'_2}{\dot{U}_2} = \frac{\dot{U}_{raKT}}{\dot{U}_2} \qquad (3\text{-}6)$$

Tương tự như vậy, đối với bộ lọc dòng thứ tự nghịch ta có:

$$m_{I2} = \frac{\dot{I}_{raNM}}{\dot{I}_2} = \frac{\dot{I}'_2}{\dot{I}_2} \qquad (3\text{-}7)$$

Vì bộ lọc thành phần đối xứng là phần tử tuyến tính nên các hệ số biến đổi của bộ lọc là đại lượng không đổi.



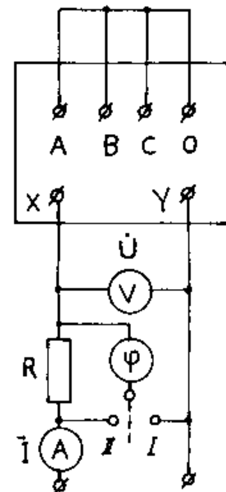
Hình 3-2. Cách xác định các tham số của bộ lọc khi không có nguồn ba pha đối xứng

Để xác định m_U hoặc m_I có thể sử dụng các công thức (3-6), (3-7), khi ở đầu vào ta có thể tạo được hệ đối xứng áp hoặc dòng. Đôi khi điều này là khó khăn, nếu ta chỉ có một dòng hay một áp ở đầu vào.

Trên hình 3-2a trình bày sơ đồ xác định hệ số biến đổi m trong trường hợp này, còn hình 3-2b,c,d xác định việc phân tách hệ áp ở đầu vào thành hai hệ thứ tự thuận và thứ tự nghịch. Theo sơ đồ, ta thấy $U_2 = U_{dây}/\sqrt{3}$, do đó hệ số biến đổi (đối với bộ lọc thứ tự nghịch) sẽ bằng:

$$m_{U2} = \frac{U_{ra}}{U_2} = \frac{\dot{U}_{raKT}}{U_{dây}}\sqrt{3} \qquad (3\text{-}8)$$

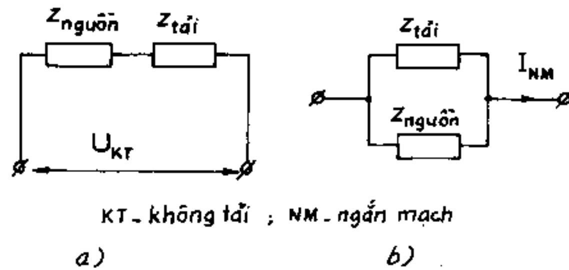
Bộ lọc điện áp là nguồn áp, còn bộ lọc dòng là nguồn dòng. Điện trở đầu ra của bộ lọc chính là điện trở trong của các nguồn này. Đối với bộ lọc áp, tổng trở đầu ra được xác định trong điều kiện đầu vào được nối tắt (hình 3-3), trong đó φ biểu thị đồng hồ đo góc pha.



Hình 3-3. Xác định tổng trở nguồn của bộ lọc áp

Ta có: $Z_{nguồn} = \frac{U}{I}.e^{j\varphi}$ (3-9)

$\varphi = \varphi_I - \varphi_{II}$



Hình 3-4. Sơ đồ tương đương của bộ lọc áp (a) và bộ lọc dòng (b)

Đối với bộ lọc dòng, tổng trở đầu ra (điện trở trong của nguồn) được xác định trong điều kiện đầu vào để hở mạch. Nếu nối tải vào đầu ra của các bộ lọc thì có thể tính được dòng tải dựa vào sơ đồ tương đương của bộ lọc áp và bộ lọc dòng (hình 3-4a,b).

Ở bộ lọc áp, sau khi xác định áp không tải U_{KT} và điện trở ra $Z_{nguồn}$, dòng tải $I_{tải}$ sẽ bằng:

$$I_{tải} = \frac{U_{KT}}{(Z_{nguồn} + Z_{tải})} \qquad (3\text{-}10)$$

Ở bộ lọc dòng, sau khi xác định U_{KT}, $Z_{nguồn}$ và dòng điện ngắn mạch theo công thức:

$$I_{NM} = \frac{U_{KT}}{Z_{nguồn}} \qquad (3\text{-}11)$$

thì dòng tải của bộ lọc dòng bằng:

$$I_{tải} = \frac{I_{NM}.Z_{nguồn}}{Z_{nguồn} + Z_{tải}} \qquad (3\text{-}12)$$

Như đã biết từ lí thuyết mạch tuyến tính, khi giá trị tuyệt đối của tổng trở phụ tải và nguồn bằng nhau thì phụ tải sẽ nhận được công suất lớn nhất phát từ nguồn. Vì vậy tải của các bộ lọc thành phần đối xứng thường có giá trị:

$$Z_{tải} = Z_{nguồn} \qquad (3\text{-}13)$$

Khi đó công suất của phụ tải $S_{tải}$ (đối với bộ lọc áp) bằng:

$$S_{tải} = \frac{U_{ra}^{\;2}}{2Z_{nguồn}(1 + \cos\varphi)} \qquad (3\text{-}14)$$

φ - độ lệch pha giữa tổng trở nguồn và phụ tải, góc này càng lớn, giá trị tuyệt đối tổng trở toàn mạch càng nhỏ, công suất của phụ tải càng lớn.

Để so sánh các bộ lọc với nhau về mức độ tiêu tốn năng lượng, đối với các bộ lọc thứ tự nghịch và thứ tự không, người ta dùng các chỉ số α và β:

$$\left.\begin{aligned} \alpha &= \frac{S_{tải}}{S_{tt}}; \\ \beta &= \frac{S_{tải}}{P_{tt}} \end{aligned}\right\} \qquad (3\text{-}15)$$

trong đó:

S_{tt}, P_{tt} - công suất tiêu thụ toàn phần và công suất tiêu thụ thuần tác dụng của bộ lọc khi ở đầu vào chỉ có thành phần thứ tự thuận;

$S_{tải}$ - công suất phụ tải khi đầu vào hoặc chỉ có thành phần thứ tự nghịch, hoặc chỉ có thành phần thứ tự không.

Các bộ lọc có α, β càng cao thì càng tốn ít năng lượng tiêu thụ, giá trị này trong trường hợp chung không phải là nhỏ.

Chỉ tiêu thứ ba đánh giá chất lượng bộ lọc là hệ số γ, đặc trưng cho mức độ nhiễu ở đầu ra của bộ lọc thành phần thứ tự nghịch và thứ tự không khi đầu vào là hệ đối xứng. Nhiễu ở đây chính là áp (dòng) không cân bằng U_{kcb} (I_{kcb}) xuất hiện ở đầu ra. Thí dụ, khi cho thành phần thứ tự thuận qua bộ lọc thứ tự nghịch... U_{kcb} (I_{kcb}) xuất hiện là do tham số của các linh kiện không hoàn toàn đúng như lí thuyết (do chế tạo, do nhiệt độ), hoặc do tần số lệch khỏi giá trị chuẩn $f_{chuẩn} = 50$ Hz.

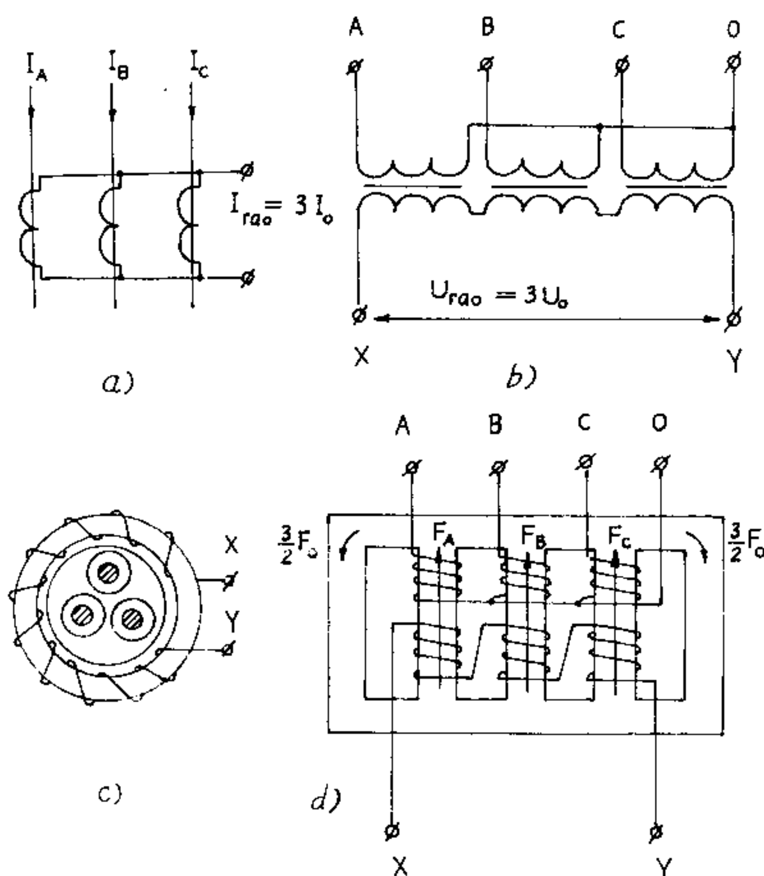
$$\gamma = \frac{\Delta U_{kcb}}{U_{1chuẩn}} \cdot \frac{h_{chuẩn}}{\Delta h} \qquad (3\text{-}16)$$

trong đó:

$U_{1chuẩn}$ - áp (dòng) thứ tự thuận chuẩn;

$h_{chuẩn}$ - tham số chuẩn của bộ lọc (điện trở...), hay của tần số.

Như ta đã thấy γ càng nhỏ, chất lượng bộ lọc càng tốt.



Hình 3-5. Sơ đồ bộ lọc thứ tự không kiểu cuộn dây

3.4. BỘ LỌC THỨ TỰ KHÔNG

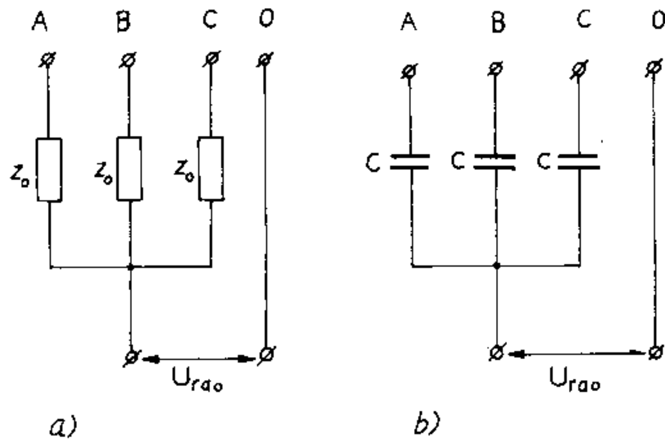
Bộ lọc thứ tự không dùng để xác định thành phần thứ tự không xuất hiện khi ngắn mạch pha với đất, khi đứt 1 hoặc 2 pha hoặc một vài chế độ làm việc không đối xứng.

Thành phần thứ tự không trong hệ thống 3 pha đối xứng U_A, U_B, U_C hoặc I_A, I_B, I_C như đã biết trong tài liệu tính ngắn mạch, bằng:

$$\dot{U}_o = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C)$$

$$\dot{I}_o = \frac{1}{3}(\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C) \qquad (3\text{-}17)$$

Từ (3-17) có thể thấy bộ lọc thứ tự không là một cơ cấu đơn giản cộng áp pha hay dòng pha. Trên hình 3-5a,b trình bày sơ đồ lọc dòng và lọc áp (a và b) dùng bộ biến dòng và biến áp ba pha. Đầu ra của các thiết bị này thường được nối trực tiếp với rơle thành một bộ nguyên vẹn, vì vậy chúng thường được gọi chung là bộ lọc-rơle.



Hình 3-6. Sơ đồ bộ lọc áp thứ tự không kiểu tổng trở

Trên hình 3-5c,d giới thiệu cách mắc máy biến dòng và biến áp với khung từ. Máy biến dòng có lõi từ hình xuyến bao quanh cáp ba pha. Còn máy biến áp có lõi sắt 5 trụ, trong đó có 2 trụ phía ngoài dùng để dẫn từ thông do thành phần thứ tự không tạo ra.

Hình 3-6a giới thiệu sơ đồ bộ lọc áp thứ tự không dùng tổng trở Z_0 nối vào áp thứ cấp U_a, U_b, U_c của máy biến áp đo lường hệ số biến đổi bằng 1:

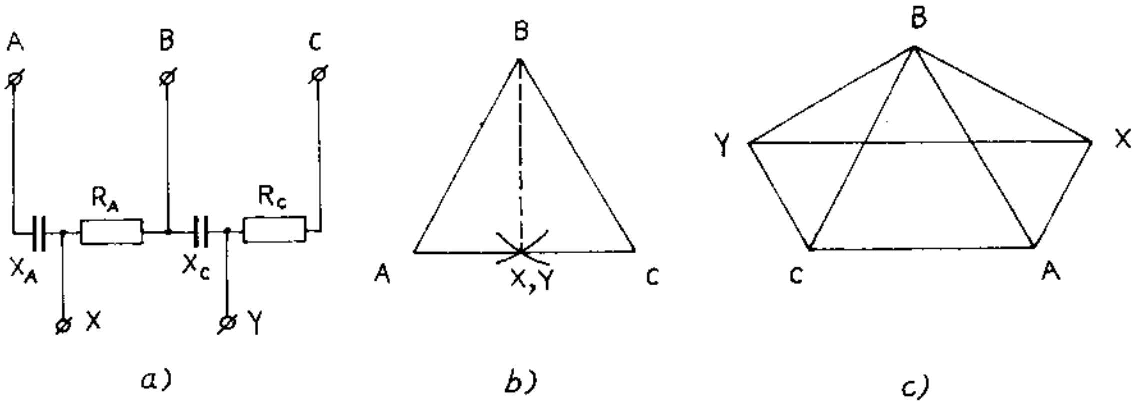
$$m = \frac{U_{ra0}}{U_0} = 1$$

Để cho công suất của phụ tải lớn, người ta cố gắng làm cho góc φ hiệu pha của điện trở nguồn và phụ tải càng lớn. Vì vậy các điện trở Z_0 người ta thường làm chúng có tính dung kháng (hình 3-6b).

3.5. BỘ LỌC ÁP THỨ TỰ NGHỊCH VÀ THỨ TỰ THUẬN

Tương tự như biểu thức (3-2), đối với hệ áp đối xứng ta có:

$$
\left.\begin{aligned}
3\dot{U}_1 &= (\dot{U}_A + a\dot{U}_B + a^2\dot{U}_C) \\
3\dot{U}_2 &= \dot{U}_A + a^2\dot{U}_B + a\dot{U}_C \\
3\dot{U}_0 &= \dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C
\end{aligned}\right\} \quad (3\text{-}18)
$$



Hình 3-7. Giải thích nguyên lý làm việc của bộ lọc áp thứ tự nghịch

Sơ đồ điện tạo ra U_2 được trình bày trên hình 3-7a. Ưu điểm của sơ đồ này là sơ đồ đơn giản và hệ số γ_f nhỏ. Giữa hai áp dây U_{AB} và U_{BC} có mắc điện trở và điện dung tích cực R_A, X_A và R_C, X_C. Trên hình 3-7b trình bày biểu đồ điện áp thứ tự thuận tác động ở đầu vào của bộ lọc thứ tự nghịch, đó là một tam giác đều. Ta thấy áp đặt vào X_A lệch một góc 90° so với áp đặt vào R_A, tương tự, áp X_C lệch một góc 90° do với R_C. Theo chiều thuận của ba vectơ đầu vào thì điểm X sẽ trùng với điểm Y như trên hình 3-7b, bởi vì khi đó U_{AX} chậm pha 90° so với U_{XB}, U_{BY} chậm pha 90° so với U_{YC} như vậy $U_{XY} = 0$.

Nếu áp thứ tự nghịch tác động ở đầu vào thì các điểm A và C sẽ thay đổi chỗ trên hình 3-7c như vậy $U_{XY} \neq 0$.

$$m = XY/AB = 1,5$$

và điều kiện (3-5) được thực hiện.

Điều kiện để cho X và Y trùng nhau trong trường hợp đầu là:

$$
\left.\begin{aligned}
\frac{R_A}{X_A} &= \frac{XB}{AX} = \text{tg}60^0 = \sqrt{3} \quad \text{hoặc} \quad R_A = \sqrt{3}X_A \\
\frac{R_C}{X_C} &= \frac{YC}{BY} = \text{tg}30^0 = \frac{1}{\sqrt{3}} \quad \text{hoặc } R_C = \frac{1}{\sqrt{3}}
\end{aligned}\right\} \quad (3\text{-}19)
$$

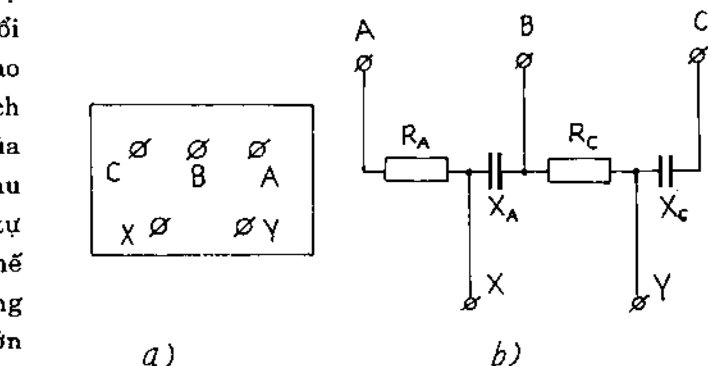
Có thể chọn sao cho:

$$X_A = X_C \quad (3\text{-}20)$$

Điều kiện (3-20) có thể không nhất thiết phải có, nhưng luôn luôn phải tuân theo (3-19) khi thay đổi R_A và R_C. Mặt khác phải thay đổi R_A và R_C sao cho áp không cân bằng U_{kcb} (xem mục 3.3) là nhỏ nhất, nếu cho áp thứ tự thuận ở đầu vào.

Đối với bộ lọc áp thứ tự thuận, hoàn toàn có thể thay thế bằng bộ lọc áp thứ tự nghịch

nếu ở bộ lọc này ta thay thứ tự pha ở đầu vào, nghĩa là thay đổi ký hiệu giữa bất kỳ hai đầu vào nào (hình 3-8a). Nói chung cách tính các dòng tải, công suất của bộ lọc cũng tương tự như nhau (xem (3-10)). Bộ lọc áp thứ tự nghịch và thứ tự thuận trong chế độ đối xứng đều tiêu thụ năng lượng, năng lượng này phần lớn được xác định bởi thành phần thứ tự thuận. Tuy nhiên trong chế độ đối xứng này, ở phần tải của bộ lọc thứ tự thuận luôn có dòng chảy qua, còn bộ lọc áp thứ tự nghịch thì không. Khi đó đối với bộ lọc áp thứ tự thuận, công suất tiêu thụ phụ thuộc vào góc và tổng trở của tải, còn trong bộ lọc áp thứ tự nghịch không có sự phụ thuộc đó. Do vậy việc xác định công suất tiêu thụ S_{11}, P_{11} và các chỉ số α, β của bộ lọc áp thứ tự thuận phức tạp hơn nhiều so với của bộ lọc áp thứ tự nghịch. Tuy nhiên, các chỉ số này của bộ lọc áp thứ tự thuận lại có ít ý nghĩa hơn của bộ lọc áp thứ tự nghịch rất nhiều. Điều này là do người ta không đòi hỏi độ nhạy cao của những thiết bị phản ứng đối với thành phần thứ tự thuận. Trong tất cả các sự cố không đối xứng, áp thứ tự thuận có giá trị đủ lớn. Do không cần có độ nhạy cảm cao nên công suất tiêu thụ của bộ lọc áp thứ tự thuận thường nhỏ.

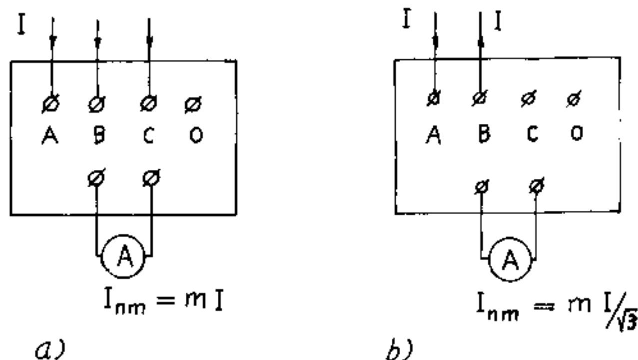


Hình 3-8. Sơ đồ bộ lọc thứ tự thuận

Trong phần lớn các trường hợp, việc chọn các bộ lọc áp thứ tự thuận được xác định bởi sự đơn giản của sơ đồ. Người ta lấy sơ đồ trên hình 3-7a thay đổi vị trí của điện trở và tụ, để tạo ra sơ đồ lọc áp thứ tự thuận (hình 3-8b). Các sơ đồ không chứa cuộn cảm.

3.6. BỘ LỌC DÒNG THỨ TỰ THUẬN VÀ THỨ TỰ NGHỊCH

Các bộ lọc dòng nói chung tương tự như các bộ lọc áp. Như đã nêu ở mục 3.3, đối với các bộ lọc dòng, tham số đặc trưng là hệ số biến đổi m_{11} hoặc m_{12}. Việc xác định các hệ số này khi có hệ dòng đối xứng ở đầu vào thì được tiến hành theo như định nghĩa (hình 3-9). Trong trường hợp chỉ có một nguồn dòng một pha, có thể xác định được các hệ số này theo cách sau: Như trình bày trên hình 3-9b, ta mắc nguồn I vào hai đầu A, B, sau đó đo dòng ngắn



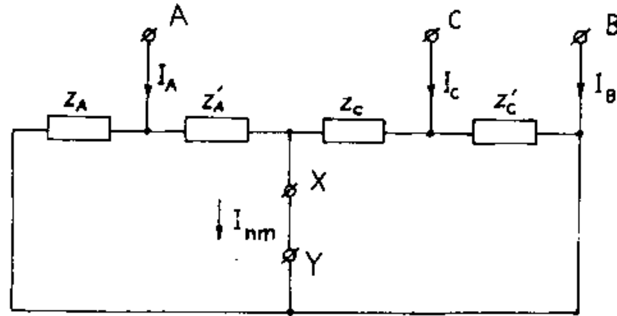
Hình 3-9. Xác định hệ số biến đổi bộ lọc dòng

mạch $I_{n.m}$. Hệ số m xác định bởi công thức:

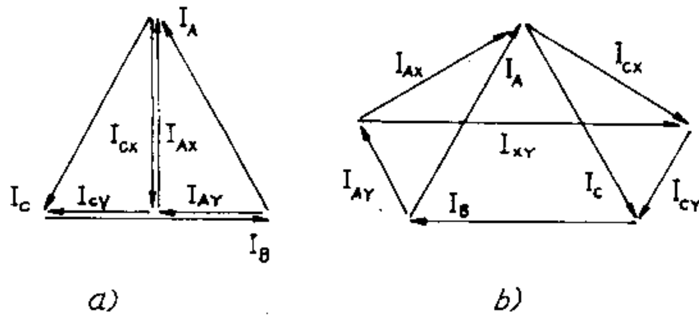
$$m = I_{nm}\frac{\sqrt{3}}{I}$$

Trên hình 3-10 giới thiệu sơ đồ bộ lọc dòng thứ tự nghịch đơn giản nhất làm việc ở chế độ ngắn mạch. Đồ thị của các dòng trong bộ lọc dòng tương tự như đã được trình bày đối với các bộ lọc áp. Trên hình 3-11a,b trình bày đồ thị các dòng của bộ lọc dòng thứ tự nghịch khi tương ứng ở đầu vào chỉ có các dòng thứ tự thuận (a) hoặc nghịch (b).

Để tạo ra bộ lọc dòng thứ tự thuận trên sơ đồ hình 3-10, ta chỉ việc thay thứ tự các trở Z_A với Z'_A; Z_C với Z'_C tương tự như ở bộ lọc áp thứ tự thuận.



Hình 3-10. Sơ đồ bộ lọc dòng thứ tự nghịch



Hình 3-11. Đồ thị vectơ bộ lọc dòng thứ tự nghịch

3.7. BỘ LỌC LIÊN HỢP

Bộ lọc liên hợp là bộ lọc mà áp hoặc dòng đầu ra của nó là một hàm tuyến tính của các thành phần đối xứng áp và dòng ở đầu vào:

$$\dot{U}_{pt} \quad \text{hoặc} \quad \dot{I}_{pt} = K_1\dot{U}_1 + K_2\dot{U}_2 + K_o\dot{U}_o \qquad (3\text{-}21)$$

$$\dot{U}_{pt} \quad \text{hoặc} \quad \dot{I}_{pt} = K'_1\dot{I}_1 + K'_2\dot{I}_2 + K'_o\dot{I}_o \qquad (3\text{-}22)$$

Trong thực tế thường sử dụng các bộ lọc với K_o hoặc K'_o; K_2 hoặc $K'_2 = 0$. Có thể dễ dàng chuyển từ bộ lọc thứ tự nghịch thành bộ lọc liên hợp với $K'_o = 0$ ($K_o = 0$) bằng cách thay đổi quan hệ điện trở trong các nhánh, khi đó điều kiện như ở (3-19) bị phá vỡ. Ngoài thành phần thứ tự nghịch ở đầu ra còn xuất hiện thêm thành phần tỉ lệ với thành phần thứ tự thuận ở đầu vào. Quan hệ giữa các điện trở càng lệch khỏi quan hệ (3-19) thì thành phần đó càng lớn. Muốn thực hiện điều kiện $K'_o = 0$ ($K_o = 0$) cần phải triệt tiêu thành phần thứ tự không ở đầu vào, bằng cách đưa vào không phải đại lượng pha mà là hiệu của chúng.

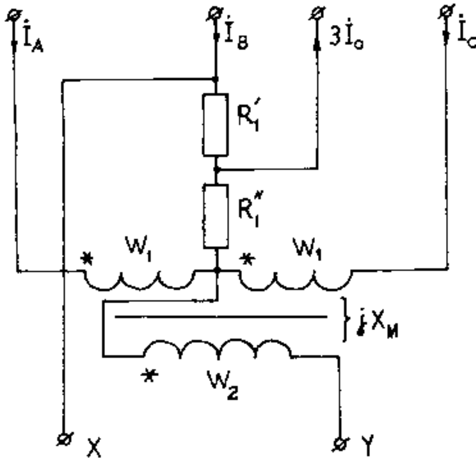
Sau đây ta xét thí dụ ở hình 3-12. Để đơn giản ta hãy xét khi bộ lọc làm việc ở chế độ

không tải. Áp đầu ra của bộ lọc bằng:

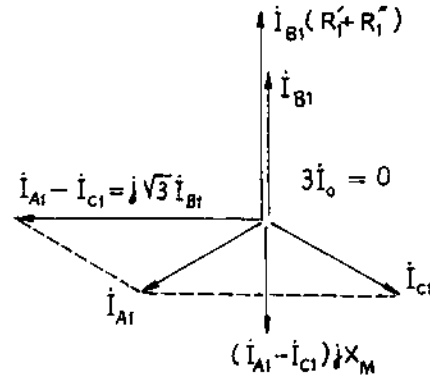
$$\dot{U}_{KT} = \dot{I}_B R'_1 + (\dot{I}_B - 3\dot{I}_o)R''_1 + jX_M(\dot{I}_A - \dot{I}_C) \quad (3\text{-}23)$$

Nếu hệ thống dòng ở đầu vào chỉ chứa có thành phần thứ tự thuận thì từ (3-23) và đồ thị vectơ hình 3-13, ta có thể viết:

$$\dot{U}_{KT1} = \dot{I}_{B1}(R'_1 + R''_1 - \sqrt{3}X_M) \quad (3\text{-}24)$$



Hình 3-12. Sơ đồ bộ lọc liên hợp



Hình 3-13. Đồ thị vectơ khi chỉ có thành phần TTT

Nếu như hệ thống dòng ở đầu vào chỉ chứa thành phần thứ tự nghịch, thì từ (3-23) và biểu đồ vectơ 3-14, ta có thể viết:

$$\dot{U}_{KT2} = \dot{I}_{B2}(R'_1 + R''_1 + \sqrt{3}X_M) \quad (3\text{-}25)$$

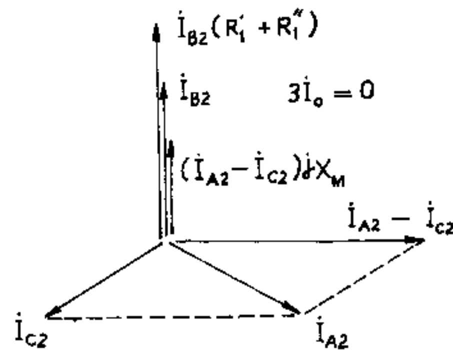
Cuối cùng, nếu hệ thống dòng ở đầu vào chỉ chứa thành phần thứ tự không, thì thành phần cuối cùng của (3-23) bằng không, ta có thể viết:

$$\dot{U}_{KTo} = \dot{I}_o(R'_1 - 2R''_1) \quad (3\text{-}26)$$

Đối với bộ lọc thành phần thứ tự nghịch, cần phải có: $U_{KT1} = U_{KTo} = 0$, do đó:

$$R'_1 = 2R''_1 \quad (3\text{-}27)$$

$$R'_1 = \frac{X_M}{\sqrt{3}} \quad (3\text{-}28)$$



Hình 3-14. Đồ thị véctơ khi chỉ có thành phần TTK

Để thực hiện được (3-27) và (3-28) người ta chế tạo sao cho R'_1 và R''_1 có thể thay đổi được, khi đó:

$$\dot{U}_{KT2} = 2\dot{I}_{B2}(R'_1 + R'_1) = 6\dot{I}_{B2}R''_1 \quad (3\text{-}29)$$

3.8. CHỈNH VÀ KIỂM TRA CÁC BỘ LỌC ÁP VÀ BỘ LỌC DÒNG

Chất lượng của các bộ lọc áp và lọc dòng cần luôn luôn được giữ ở mức tiêu chuẩn khi

đưa vào sử dụng. Vì vậy các bộ lọc áp và dòng cần phải kiểm tra và chỉnh lại theo định kỳ.

Sau đây trình bày cách kiểm tra bộ lọc áp thứ tự nghịch dùng tụ và điện trở.

Ở đầu vào của bộ lọc ta cho một hệ áp đối xứng lấy từ biến áp ba pha hoặc nguồn ba pha điện áp 100 - 127 V. Trước đó phải kiểm tra nguồn, sao cho độ sai lệch áp giữa ba pha không lớn hơn 1,5 V. Ở đầu ra bộ lọc song song với tải ta mắc vôn kế có điện trở trong không ít hơn 1000 Ω/V. Thực tế cho thấy đối với các bộ lọc dùng tụ và điện trở, sự tăng của áp không cân bằng không phải chỉ do bộ lọc bị hỏng, mà còn do sự có mặt của các sóng hài bậc cao ở đầu vào có tần số một vài lần lớn hơn 50 Hz. Tuy nhiên ảnh hưởng áp không cân bằng do sóng hài bậc cao lại không ảnh hưởng đến khả năng làm việc của bộ lọc, vì vậy chỉ cần phải chỉnh sao cho áp không cân bằng của sóng tần số 50 Hz xuống nhỏ nhất. Nếu không có máy hiện sóng (oscilloscope), mà chỉ có vôn kế thì ta chỉnh sao cho áp không cân bằng đạt giá trị ≤ 2 V thì bộ lọc áp coi như được chỉnh xong (chỉnh các điện trở tích cực). Nếu có máy hiện sóng, ta có thể kiểm tra chính xác hơn bằng cách xác định tần số áp đầu vào, khi đó trên màn ảnh sẽ xuất hiện một chu kỳ của sóng 50 Hz, chỉnh máy hiện sóng sao cho chu kỳ này trùng với chu kỳ của thang mẫu của máy hiện sóng.

Sau khi chỉnh xong cần xác định độ giảm áp trên các linh kiện. Trên mỗi một nhánh, giảm áp trên tụ và trên điện trở phải khác nhau $\sqrt{3}$ lần (xem (3-19)).

3.9. BIẾN ĐỔI ĐIỆN ÁP THÀNH ĐIỆN ÁP CÓ PHA CÓ THỂ THAY ĐỔI ĐƯỢC

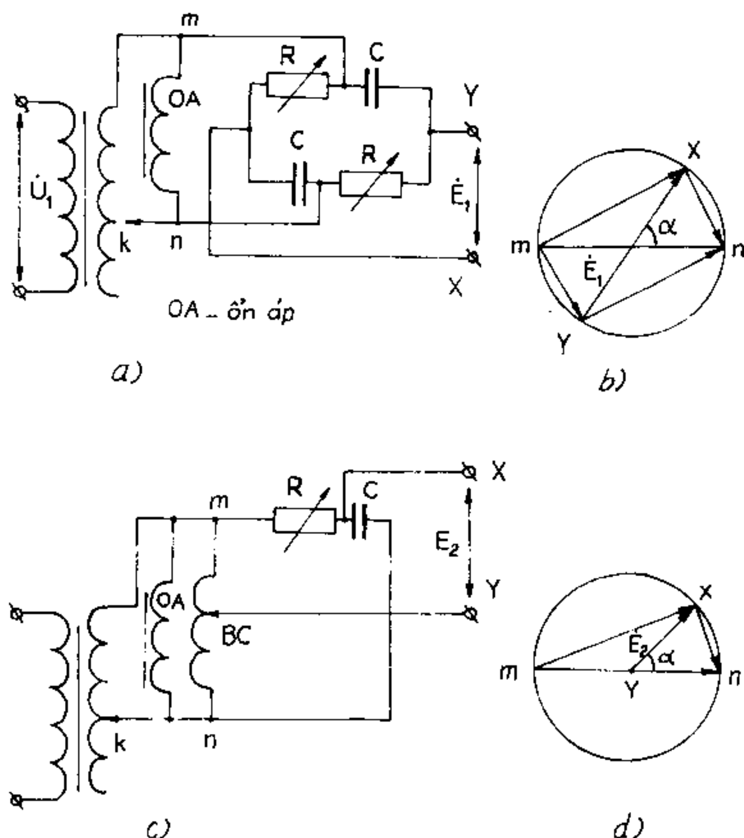
Áp đầu ra có dạng:

$\dot{E} = ke^{j\alpha}\dot{U}$ (3-30a)

α - góc pha có thể thay đổi được;

$\dot{U}$ - áp đầu vào.

Trên hình 3-15a,b trình bày sơ đồ và biểu đồ áp. Áp giữa các điểm m, x, y, n tạo thành 4 cạnh của hình chữ nhật. Thay đổi tỉ số giữa điện trở R và trở tụ C, ta có thể thay đổi tỉ lệ giữa hai cạnh của hình chữ



Hình 3-15. Sơ đồ các bộ biến đổi pha điện áp

nhật, đồng thời thay đổi góc quay.

Trên hình 3-15c,d trình bày sơ đồ khác dùng biến áp tự cảm *BC*. Áp U_{mx} và áp U_{xn} tạo thành góc 90°. Như vậy áp $\dot{E}_2 = \dot{U}_{yx}$ không đổi về biên độ nhưng có thể thay đổi về pha bằng cách điều chỉnh điện trở *R*. Ở đây ta dùng biến áp tự cảm để làm giảm mất mát nhiệt năng. Nếu thay *BC* bằng biến trở thì mất mát tăng lên nhưng độ vi chỉnh sẽ tốt hơn.

Các sơ đồ này thường được dùng trong nguồn điện xoay chiều.

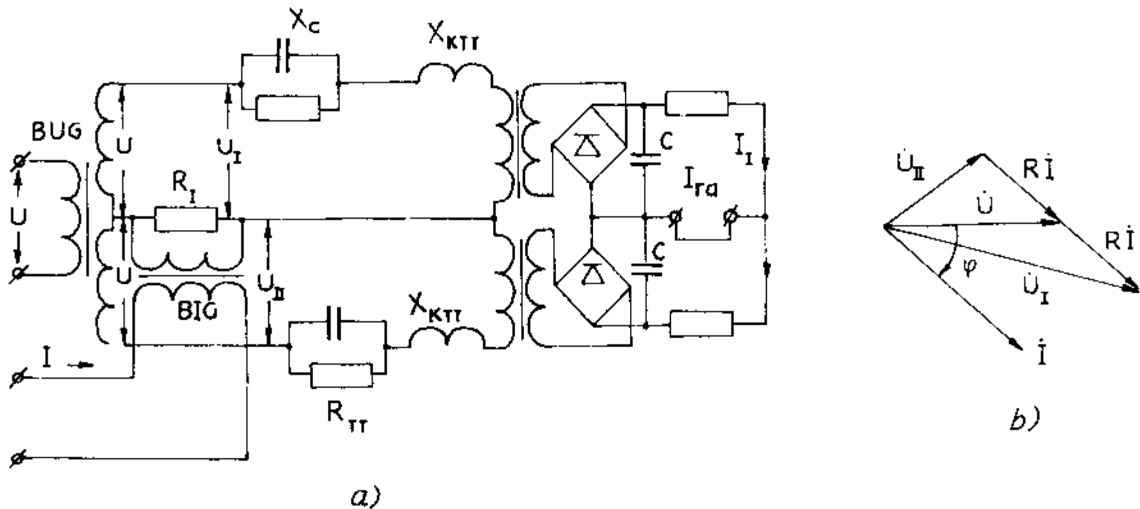
3.10. PHƯƠNG PHÁP BIẾN ĐỔI CÔNG SUẤT THÀNH ÁP VÀ DÒNG MỘT CHIỀU

Có thể tạo nên áp hoặc dòng một chiều tỉ lệ với công suất bằng cách dùng phép trừ giữa hai đại lượng:

$$U_C = (U + KI)^2 - (U - KI)^2 = 4KUI\cos\varphi \quad (3\text{-}30)$$

Các đại lượng $(U+KI)^2$ và $(U-KI)^2$ có thể thể hiện bằng cơ cấu bình phương gồm các phần tử phi tuyến: chỉnh lưu, cuộn cảm kháng với lõi thép từ.

Sau đây giới thiệu cảm biến công suất tác dụng dùng trở phi tuyến cảm kháng (hình 3-16).



Hình 3-16. Sơ đồ bộ cảm biến công suất tác dụng

Trong sơ đồ mạch X_C và R_{TT} được nối tiếp với trở cảm kháng phi tuyến X_{KTT} để bù sai số do X_{KTT} phụ thuộc vào tần số. Máy biến dòng trung gian *BIG* và máy biến điện áp trung gian *BUG* có hệ số biến đổi $n_I = n_U = 1$. Từ sơ đồ hình 3-16a,b ta có thể viết:

$$\dot{U}_I = \dot{U} + R\dot{I};\ \dot{U}_{II} = \dot{U} - R\dot{I} \quad (3\text{-}31)$$

Giá trị trung bình của dòng I_I và I_{II} trong sơ đồ so sánh tỉ lệ với bình phương điện áp U_I và U_{II} như sau:

$$I_I = U_I^2 = U^2 + RI^2 + 2URI\cos\varphi$$
$$I_{II} = U_{II}^2 = U^2 + RI^2 - 2URI\cos\varphi \quad (3\text{-}32)$$

Như vậy dòng đầu ra:

$$I_{ra} = I_I - I_{II} = 2RUI\cos\varphi \quad (3\text{-}33)$$

3.11. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA BỘ KHUẾCH ĐẠI TỪ (KĐT)[1]

Khuếch đại từ (*KĐT*) chủ yếu gồm có cuộn dây quấn quanh lõi sắt từ, có cấu trúc đơn giản, có độ tin cậy và hiệu suất cao, tuổi thọ làm việc lâu dài. Vì vậy *KĐT* được dùng rộng rãi trong các thiết bị tự động.

Nhược điểm của *KĐT* là có quán tính làm việc lớn, nhất là trong lĩnh vực tần số cao, nên ứng dụng của nó ít nhiều bị hạn chế. Ngoài ra *KĐT* kèm theo vấn đề là kích thước lớn, khả năng chuẩn hóa kém.

KĐT đơn giản nhất gồm có một lõi sắt từ, trên đó quấn cuộn dây xoay chiều có số vòng là $W_{x.ch}$ và quấn cuộn dây một chiều để điều khiển có số vòng là W_{dk}. Cuộn dây xoay chiều nối vào nguồn điện áp xoay chiều $U_{x.ch}$, cuộn dây điều khiển nối với nguồn điện áp một chiều E_{dk} (hình 3-17). Dòng điện đi trong cuộn dây xoay chiều bằng:

$$I = \frac{U_{x.ch}}{R^2 + L_{x.ch}^2\omega^2} \qquad (3\text{-}34)$$

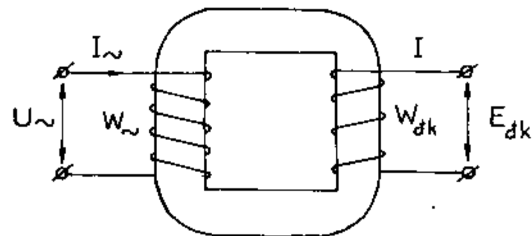
trong đó:

R - điện trở cuộn dây xoay chiều;

$L_{x.ch}$ - điện cảm cuộn xoay chiều;

ω - tần số lưới điện.

Thường $R << \omega L_{x.ch}$ nên giá trị dòng điện xác định chủ yếu bởi điện cảm $L_{x.ch}$ phụ thuộc vào mức độ bão hòa của lõi sắt từ, nghĩa là phụ thuộc vào hệ số từ thẩm từ.



Hình 3-17. Sơ đồ bộ khuếch đại từ đơn giản

Nếu bỏ qua từ thông rò, điện cảm $L_{x.ch}$ có thể tính theo công thức:

$$L = \frac{W^2.\mu.S}{l_M} \qquad (3\text{-}35)$$

trong đó: S - tiết diện lõi thép;

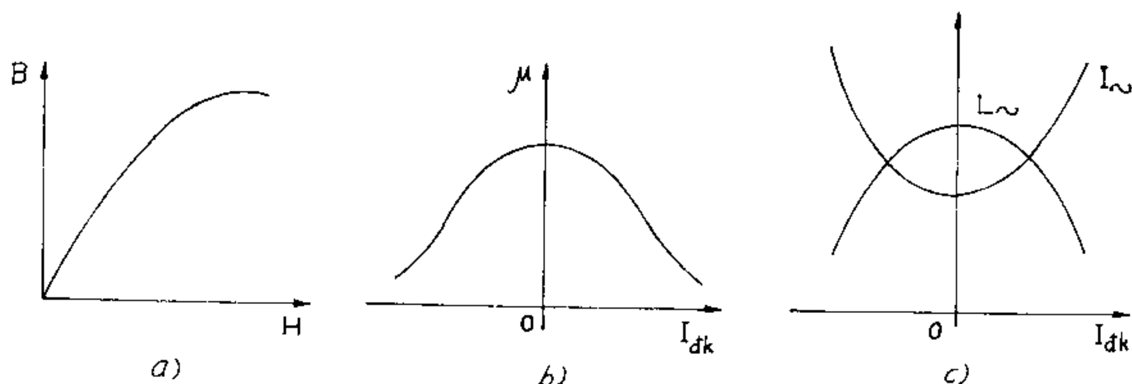
l_M - độ dài trung bình lõi từ;

Như ta đã biết, $\mu = \frac{dB}{dH}$, khi bão hòa H tăng lên nhưng B không tăng lên nữa (hình 3-18a) do đó μ bé dần (hình 3-18b) nên $L_{x.ch}$ nhỏ dần (hình 3.18c)

Từ hình vẽ ta thấy khi dòng điều khiển I_{dk} nhỏ thì μ lớn, khi $I_{dk} = 0$ có μ_{max} và khi đó $L_{x.ch}$ cũng lớn nhất. Khi I_{dk} tăng lên, $L_{x.ch}$ giảm, do đó dòng điện phụ tải $I_{\sim}$ tăng lên. Sử dụng tính chất này *KĐT* được dùng nhiều làm cuộn kháng có điều khiển để điều chỉnh dòng điện phụ tải.

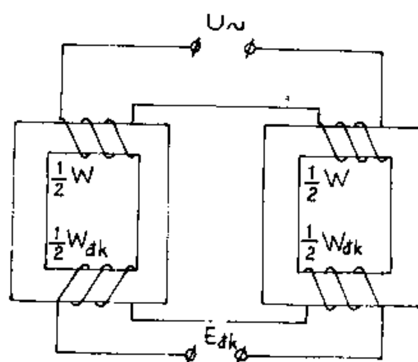
Sơ đồ trên có nhược điểm là trong cuộn dây điều khiển sẽ cảm ứng sức điện động xoay chiều, nó sẽ làm méo tín hiệu điều khiển. Để khắc phục hiện tượng đó có thể mắc một cuộn kháng nối tiếp trong mạch điều khiển, nhưng khi đó hằng số thời gian *KĐT* tăng lên.

Trên thực tế người ta dùng hai lõi sắt từ ghép lại, trên đó quấn hai nửa cuộn dây xoay chiều $W_{x.ch}$ mắc nối tiếp hoặc song song và thuận chiều quấn dây, còn cuộn dây điều khiển cũng quấn thành hai cuộn và mắc nối tiếp ngược chiều quấn dây. Như vậy sức điện động



Hình 3-18. Đồ thị các thông số điện từ của KĐT

cảm ứng trên cuộn điều khiển sẽ triệt tiêu (hình 3-19).



Hình 3-19. Sơ đồ bộ KĐT trên thực tế

3.11.1. Đặc tuyến xuyên của KĐT

Khuếch đại từ lý tưởng có phương trình cân bằng sức từ động của hai cuộn dây xoay chiều và điều khiển như sau:

$$I_{\sim} . W_{x.ch} = I_{dk} W_{dk} \qquad (3\text{-}36)$$

Trên cơ sở (3-36), ta có thể xây dựng được đặc tuyến xuyên của *KĐT*.

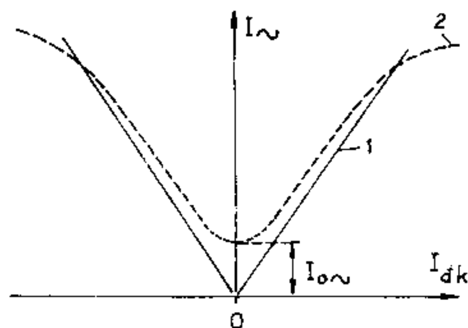
Đó là đường đặc trưng quan hệ giữa $I_{\sim}$ (dòng phụ tải) và dòng điều khiển I_{dk} : $I_{\sim} = f(I_{dk})$.

Đặc tuyến đối xứng qua trục tung, đặc tuyến xuyên thực tế (đường cong *2* trên hình 3-20) khác với đặc tuyến của *KĐT* lý tưởng *1*. Đó trước hết là do đường cong *B = f(H)* của *KĐT* thực tế khác với đường cong từ hóa lý tưởng được chấp nhận trong quá trình nghiên cứu.

Ở chế độ không tải, khi $I_{dk} = 0$ có dòng $I_{o\sim}$ chạy qua *KĐT*. Dòng này là dòng từ hóa *KĐT* chưa bão hòa:

$$I_{o\sim} = \frac{H_{dk}}{W_{x.ch}} \qquad (3\text{-}37)$$

H_{dk} - cường độ từ trường của *KĐT* thực tế khi không tải và xác định bởi độ rộng của mạch vòng từ trễ, tức là phụ thuộc vào vật liệu lõi sắt từ. Nếu là vật liệu từ mềm, H_{dk} sẽ nhỏ hơn so với vật liệu từ cứng. Khi dòng I_{dk} đủ lớn, do hiện tượng bão hòa lõi sắt từ, dòng $I_{\sim}$ tăng chậm và sau cùng không tăng theo I_{dk} nữa (đường cong *2* ở hình 3-20).



Hình 3-20. So sánh đặc tuyến xuyên của bộ KĐT thực tế và lý tưởng

3.11.2. Tham số khuếch đại từ

- Hệ số khuếch đại dòng điện:

$$K_I = \frac{I_\sim}{I_{dk}} = \frac{W_{dk}}{W_{x.ch}} \tag{3-38}$$

- Hệ số khuếch đại công suất:

$$K_P = \frac{P_\sim}{P_{dk}} = \frac{I_\sim^2.R_{pt}}{I_{dk}^2.R_{dk}} \tag{3-39}$$

trong đó :

R_{pt} - điện trở phụ tải mắc nối tiếp với mạch xoay chiều;

R_{dk} - điện trở mạch điều khiển điều chỉnh dòng vào cuộn dây W_{dk}.

Công thức (3-38), (3-39) chỉ đúng cho *KDT* lý tưởng. Trên thực tế hệ số khuếch đại dòng điện bằng:

$$K_I = \frac{I_\sim - I_{o\sim}}{I_{dk}} \tag{3-40}$$

Hệ số khuếch đại công suất bằng:

$$K_P = \frac{(I_\sim^2 - I_{o\sim}^2)R_{pt}}{I_{dk}^2 . R_{dk}} \tag{3-41}$$

3.12. KHUẾCH ĐẠI TỪ CÓ PHẢN HỒI

Để tăng cường hệ số khuếch đại công suất và độ ổn định khuếch đại người ta dùng phản hồi: dòng điện phụ tải ở đầu ra, sau khi qua chỉnh lưu được đưa trở lại đầu vào để tăng cường cho từ trường một chiều.

Có hai phương pháp phản hồi: phản hồi ngoài là dùng thêm một cuộn dây khác để làm cuộn dây phản hồi và phản hồi trong còn gọi là *KDT* tự thêm từ hóa, tạo ra thành phần một chiều ngay trong cuộn dây xoay chiều.

3.12.1. Khuếch đại từ có phản hồi ngoài

Trên hình 3-21 trình bày sơ đồ *KDT* có phản hồi ngoài gồm mạch xoay chiều mắc với phụ tải Z_{pt} và cầu chỉnh lưu. Qua cầu chỉnh lưu dòng phụ tải đi vào cuộn dây phản hồi W_{ph} cùng quấn trên lõi sắt từ.

Khi chưa có phản hồi ta có:

$$I_\sim.W_{x.ch} = I_{dk}.W_{dk}$$

Khi có phản hồi ta có:

$$I_\sim. W_{x.ch} = I_{dk} W_{dk} \pm I_{ph}.W_{ph} \tag{3-42}$$

W_{ph} - số vòng cuộn dây phản hồi.

Dấu "−" ứng với phản hồi dương, dấu "+" ứng với phản hồi âm.

- Hệ số khuếch đại dòng điện:

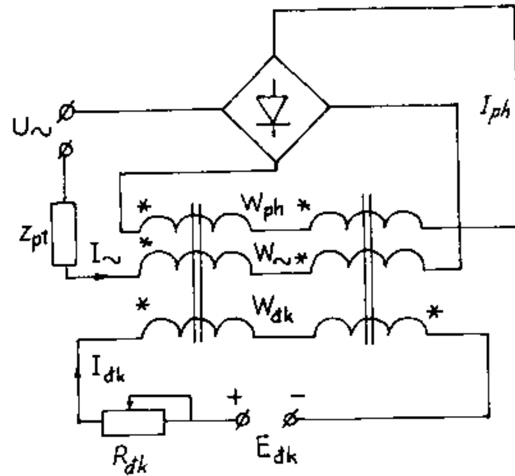
$$K_{Iph} = \frac{I_\sim}{I_{dk}}\Big|_{ph} = \frac{K_I}{1 \pm K_{ph}} \tag{3-43}$$

với $K_{ph} = \frac{W_{ph}}{W_{x.ch}}$ - hệ số phản hồi.

- Hệ số khuếch đại công suất:

$$K_{Pph} = \frac{K_P}{(1 \pm K_{ph})^2} \qquad (3\text{-}44)$$

Từ các biểu thức (3-43) và (3-44) ta thấy, khi có phản hồi dương, hệ số khuếch đại tăng lên, khi có phản hồi âm, hệ số khuếch đại giảm đi. Trên hình 3-22a vẽ đặc tính *KĐT* khi không có phản hồi $H = f(H_{dk})$ và đường phản hồi $H_{ph} = K_{ph}.H_{\sim}$ là đường thẳng đi qua gốc tọa độ (đặc tuyến xuyên ở đây $H_{\sim} = f(H_{dk})$ là đặc tuyến xuyên của *KĐT* thực tế (đường cong 2 hình 3-20) đã được tuyến tính hóa. Từ hình 3-22 ta thấy cường độ từ trường một chiều khi có phản hồi bằng:



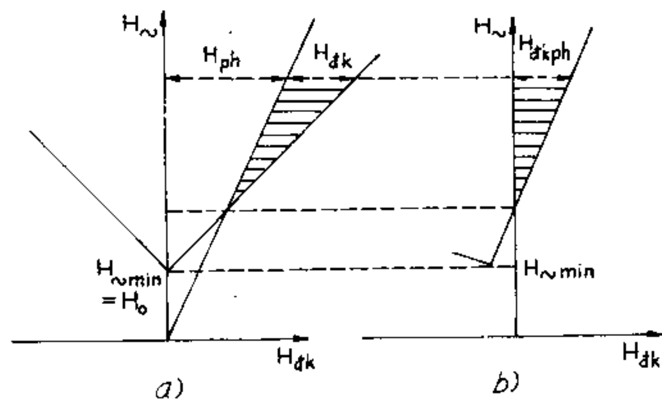
Hình 3-21. Sơ đồ KĐT có phản hồi ngoài

$$H_{dkph} = H_{dk} \pm H_{ph} = H_{dk} \pm K_{ph}.H_{\sim} \qquad (3\text{-}45)$$

$$H_{ph} = K_{ph}.H_{\sim} \qquad (3\text{-}46)$$

Bằng phương pháp vẽ đồ thị ta vẽ đường đặc trưng *KĐT* khi có phản hồi dương (hình 3-22b) tương ứng với dấu "−" trong biểu thức (3-45).

So sánh *KĐT* có phản hồi dương với *KĐT* biểu diễn trên hình 3-22 ta thấy, để có cùng một trị số $H_{\sim}$ cuộn dây điều khiển của *KĐT* có phản hồi cần một cường độ điện trường bé hơn là:



Hình 3-22. Đặc tuyến KĐT với phản hồi dương

$$H_{dk} = H_{dk\,ph} = H_{dk} - H_{ph}.$$

Vì vậy hệ số khuếch đại sẽ lớn hơn.

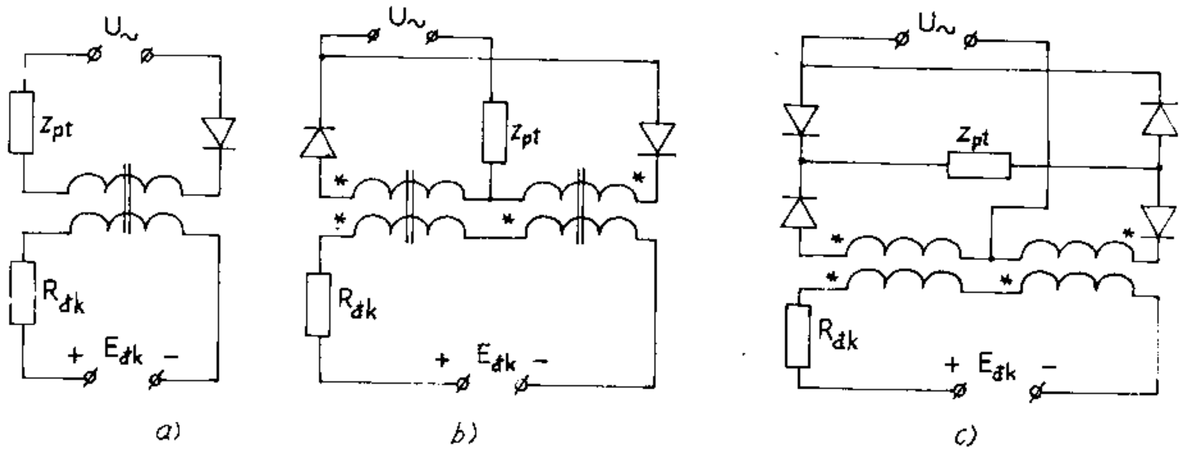
3.12.2. Khuếch đại từ có phản hồi trong (KĐT tự thêm từ hóa)

Đặc điểm *KĐT* có phản hồi trong là cuộn dây xoay chiều $W_{x.ch}$ mắc nối tiếp với chỉnh lưu 1/2 chu kì. Sơ đồ *KĐT* có phản hồi trong được trình bày ở hình 3-23.

Như vậy ta thấy trong cuộn dây xoay chiều có dòng đã nắn chạy qua, vì vậy trong cuộn

dây đó cũng có thành phần một chiều, do đó cuộn xoay chiều cũng đóng vai trò cuộn phản hồi. Hệ số phản hồi của loại *KĐT* này $K_{ph} = 1$.

Sơ đồ ở hình 3-23a đặc điểm là tác động nhanh khi thay đổi tín hiệu điều khiển, giá trị mới của dòng phụ tải đạt được chỉ sau 1-2 chu kì của điện áp nguồn cung cấp. Tuy nhiên sơ đồ này không dùng rộng rãi vì dòng qua phụ tải là dòng chỉnh lưu nửa chu kì.

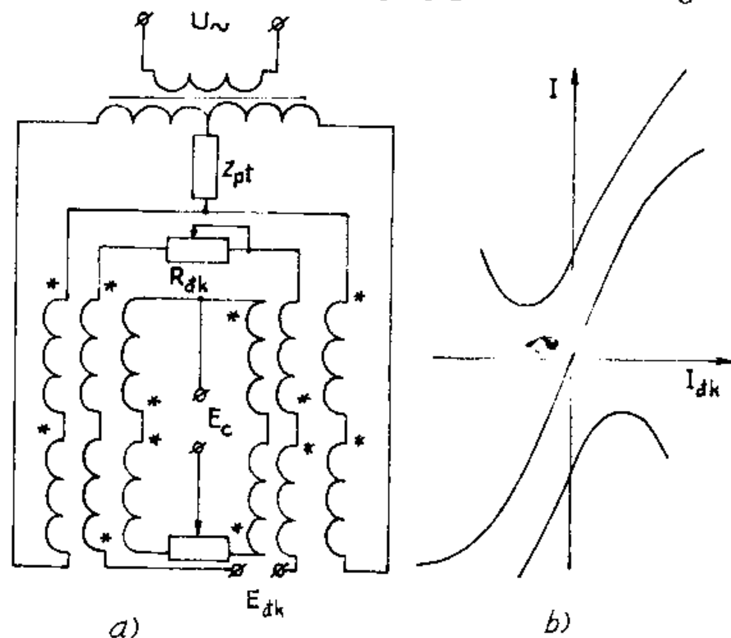


Hình 3-23: a. Sơ đồ cuộn dây $W_{x.ch}$ mắc nối tiếp với chỉnh lưu 1/2 chu kì;
b. Sơ đồ dòng phụ tải là dòng xoay chiều; c. Sơ đồ dòng phụ tải là dòng điện một chiều.

Khi dùng *KĐT* có phản hồi trong cần đặc biệt chú ý đến chất lượng của điôt, chúng cần có điện trở ngược chiều rất cao, nếu không dòng ngược chiều sẽ gây tác dụng khử từ.

Việc dùng *KĐT* có phản hồi trong với công suất lớn cho phép giảm tổn hao trong dòng và dễ làm mát hơn so với *KĐT* có phản hồi ngoài.

Đối với *KĐT* có phản hồi nói chung, dòng cực tiểu I_{Nmin} ($H_{\sim min}$) ứng với giá trị âm của dòng điều khiển I_{dk} (hình 3-22b) còn dòng làm việc bình thường ứng với giá trị dương của I_{dk}. Việc thay đổi dấu I_{dk} trong quá trình điều khiển nhiều khi là điều không mong muốn, vì đòi hỏi sơ đồ cuộn điều khiển phức tạp hơn. Vì vậy



Hình 3-24. Sơ đồ của KĐT thuận nghịch

trong *KDT* thường có cuộn chuyển dịch, nhờ đó toàn bộ đoạn làm việc của đặc tuyến xuyên được chuyển dịch để ứng với các giá trị dương của I_{dk}.

Trên hình 3-24a giới thiệu *KDT* thuận nghịch. Ở đây E_c - hiệu điện thế của cuộn chuyển dịch. Còn trên hình 3-24b giới thiệu đặc tuyến của *KDT* này.

Ta có thể thấy sử dụng *KDT* thuận nghịch cho phép tăng độ tuyến tính của đặc tuyến và pha của dòng tải có thể thay đổi bằng dấu của tín hiệu điều khiển.

3.12.3. Hằng số thời gian của KDT

a. Khi không có phản hồi:

Theo định nghĩa, hằng số thời gian *T* bằng:

$$T = \frac{L_{dk}}{R_{dk}} \qquad (3\text{-}47)$$

trong đó:

$$L_{dk} = \frac{H_{dk}}{I_{dk}} \qquad (3\text{-}48)$$

$$H_{dk} = \frac{1}{4f} \cdot \frac{W_{dk}}{W_{x.ch}} R_{pt}.I_{\sim} \qquad (3\text{-}49)$$

Sử dụng các công thức (3-36), (3-48), (3-49), ta có thể viết:

$$T = \frac{R_{pt}}{R_{dk}} \cdot \frac{W_{dk}^2}{W_{x.ch}^2} \cdot \frac{1}{4f} \qquad (3\text{-}50)$$

hay:

$$T = \frac{k_p}{4f} \qquad (3\text{-}51)$$

b. Khi có phản hồi:

$$T_{ph} = \frac{L_{dkph}}{R_{dk}} \qquad (3\text{-}52)$$

Tương tự như trên ta viết:

$$L_{dkph} = \frac{1}{4f} \cdot \frac{K_I^2.R_{pt}}{1 \pm K_I.K_{ph}} \qquad (3\text{-}53)$$

do đó:

$$T_{ph} = \frac{1}{4f} \cdot \frac{k_p}{1 \pm K_I.K_{ph}} \qquad (3\text{-}54)$$

hay:

$$T_{ph} = \frac{T}{1 \pm K_I.K_{ph}} \qquad (3\text{-}55)$$

3.13. RƠLE BẢO VỆ DÙNG KHUẾCH ĐẠI TỪ

Các rơle dùng khuếch đại từ là các bộ biến đổi đặc biệt có hai cuộn dây, xoay chiều và một chiều có chung các lõi từ. Chúng có thể làm việc với áp hoặc dòng và tương ứng tải

hoặc đầu ra của chúng được mắc nối tiếp hay song song.

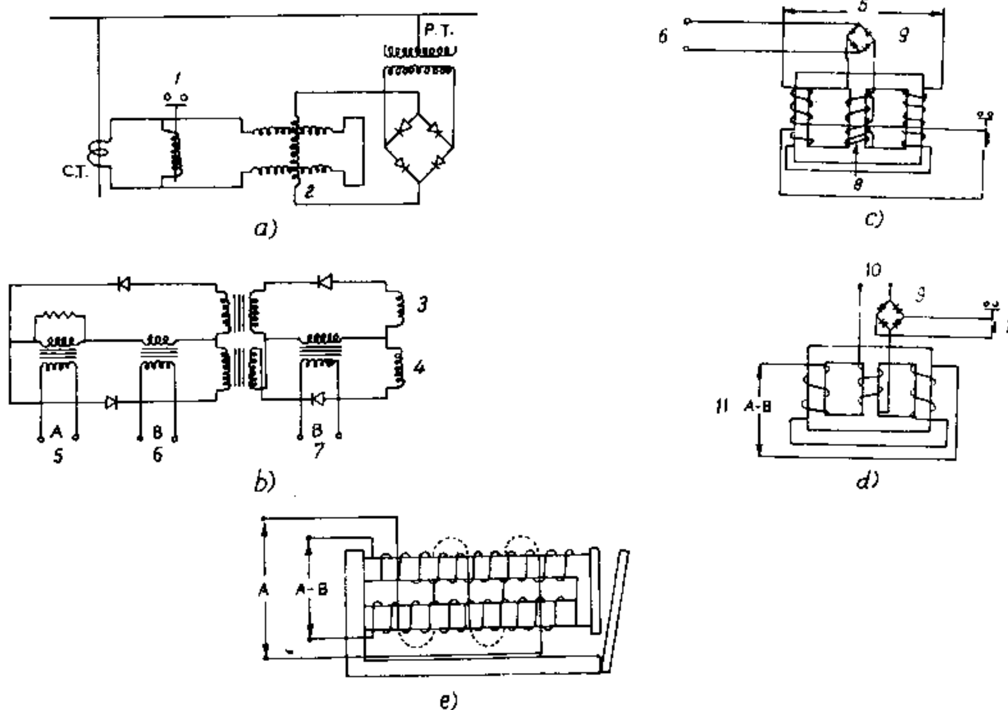
Nếu rơle dùng *KĐT* làm việc theo dòng, nó sẽ là bộ so sánh theo giá trị tuyệt đối, còn nếu làm việc theo áp sẽ là bộ so sánh pha. Mạch điều khiển được mắc nối tiếp hoặc song song với đầu ra.

Một trong những rơle dùng *KĐT* sớm nhất là rơle tổng trở (Thụy Điển) dùng *KĐT* có phản hồi ngoài (hình 3-25a). Ở đây dòng cần để khởi động rơle tăng tỉ lệ với điện áp vì khi điện áp tăng, tổng trở cuộn làm việc *KĐT* sẽ giảm. Tóm lại, đây là bộ so sánh theo giá trị tuyệt đối. Cuộn áp đóng vai trò tạo tín hiệu phản hồi ngoài có điện áp được lấy từ *BU*.

Trên hình 3-25b trình bày sơ đồ so sánh pha sử dụng *KĐT* có phản hồi trong bằng sơ đồ nắn dòng hai nửa chu kỳ (với dòng phụ tải là dòng một chiều) từ một đại lượng điện đầu vào. Đại lượng điện thứ hai được dùng làm cuộn phân cực.

Trên hình 3-25c trình bày *KĐT* làm việc theo dòng dùng làm sơ đồ so sánh giá trị tuyệt đối cho rơle so lệch và tổng trở (Anh). Hai đại lượng được so sánh trong cuộn làm việc và cuộn hãm theo giá trị tuyệt đối. Thời gian tác động tối thiểu lớn hơn 3 chu kỳ vì dòng hãm giảm từ từ do độ tự cảm của cuộn điều khiển nối ngắn mạch qua cầu nắn dòng.

Trên hình 3-25d giới thiệu sơ đồ rơle khoảng cách có sử dụng *KĐT* để giảm tín hiệu dòng đầu vào và do đó giảm kích thước *BI*. Bộ *KĐT* được cung cấp nguồn từ bộ dao động



Hình 3-25. Rơle bảo vệ dùng khuếch đại từ

a. Làm việc theo dòng có bộ KĐT với phản hồi ngoài (mắc song song); b. Làm việc với áp có bộ KĐT với phản hồi trong nắn dòng hai nửa chu kỳ (mắc song song); c. Có bộ KĐT với hai cuộn hãm có tải (mắc nối tiếp); d. Làm việc với áp có tải nối tiếp; e. Kiểu điện tử với kết cấu bản lề.

1. Tiếp điểm rơle; 2. Cuộn tín hiệu phản hồi trong; 3. Cuộn cắt; 4. Cuộn khóa; 5. Cuộn làm việc; 6. Cuộn hãm; 7. Cuộn phân cực; 8. Cuộn chặn; 9. Cầu nắn dòng; 10. Nguồn cung cấp; 11. Mạch một chiều đầu ra.

điện tần số 500 Hz nuôi bởi bộ ăcqui của trạm điện.

Trong rơle khoảng cách có cầu đo các đại lượng điện với độ chính xác cao trong khoảng biến thiên rộng, cần phải có các phần tử thao tác đầu ra khởi động với tín hiệu cắt công suất nhỏ hơn 1 mW. Điều này có nghĩa là phải sử dụng rơle nhậy hoặc bộ *KDT*.

Trên hình 3-25e giới thiệu rơle điện từ kiểu bản lề, làm việc kết hợp với một bộ *KDT* cho phép làm giảm kích thước đi rõ rệt.

Chương 4

ỨNG DỤNG CỦA CÁC LINH KIỆN ĐIỆN TỬ CƠ BẢN TRONG CÁC THIẾT BỊ TỰ ĐỘNG

Để bạn đọc làm việc trong ngành điện lực tiếp cận với các thiết bị tự động được chế tạo từ các linh kiện điện tử thông dụng có thêm kiến thức về chúng, nội dung của chương này sẽ giới thiệu một vài ứng dụng của các linh kiện điện tử cơ bản với mục đích bổ sung thông tin. Phần lớn các ứng dụng này được trình bày ở dạng sơ đồ nên thuận tiện cho việc giải thích và dễ hiểu biết hơn đối với người chưa có nhiều dịp làm quen với các khái niệm về điện tử. Điều này có thể có ích trong việc tìm hiểu nguyên nhân hư hỏng của thiết bị tự động trong quá trình khai thác sử dụng chúng trong hệ thống điện lực.

4.1. ĐIỆN TRỞ

Theo dạng đặc tuyến vôn-ampe (phụ thuộc giữa dòng điện và điện áp), người ta phân biệt điện trở tuyến tính và điện trở phi tuyến. Trong các điện trở phi tuyến có sử dụng các vật liệu bán dẫn. Theo cấu tạo của điện trở, người ta chia thành điện trở kiểu dây, kiểu tiết diện và kiểu thể tích. Theo vật liệu dẫn điện, có thể phân loại thành màng cacbon, màng kim loại, màng ôxyt kim loại, bán dẫn...

Mỗi điện trở đều làm việc tương ứng với công suất danh định $P_{dđ}$ của nó, đó là công suất cực đại phát ra trên điện trở trong chế độ làm việc lâu dài mà không làm thay đổi các tham số của điện trở. Như vậy điện áp đặt trên điện trở không được phép vượt quá điện áp danh định, xác định bởi công thức:

$$U_{dđ} = \sqrt{P_{dđ}.R} \qquad (4\text{-}1)$$

trong đó:

$P_{dđ}$ - công suất danh định (W);

R - điện trở (Ω).

Đối với các sơ đồ công suất thấp như ở phần lôgic của thiết bị số công suất; $P_{dđ}$ có thể đạt dưới 0,1 W. Còn đối với các bộ phận công suất lớn như ở bộ nguồn, mạch điều khiển công suất đầu ra, công suất điện trở có thể đạt tới 2÷5 W. Nếu sử dụng điện trở không đúng công suất danh định của nó có thể gây cháy và đây là nguyên nhân gây sự cố trong thiết bị điện tử.

Thông số đầy đủ của điện trở chỉ có thể nắm được khi tra trong các sách tra cứu kỹ thuật. Tuy nhiên, thường thường giá trị điện trở được mô tả ngay trên thân của nó. Có một số cách đề điện trở như sau:

Cách thứ nhất sử dụng các chữ cái và số để hiển thị: E tương ứng với Ω, K - tương ứng với KΩ, M - tương ứng với MΩ. Thí dụ: 4K7 = 4,7KΩ; M47 = 0,47MΩ; 47E = 47Ω v.v...

Cách thứ hai sử dụng các vạch màu và vị trí của chúng để biểu thị điện trở. Trên bảng 4-1 trình bày giá trị của các vạch màu sử dụng trong phương pháp này.

Bảng 4-1. **Giá trị các vạch mạch dùng trong điện trở**

Màu	Chữ số thứ nhất	Chữ số thứ hai	Nhân với hệ số (Ω) (chữ số thứ ba)	Sai số C > 10 pF
Đen	–	0	1	–
Nâu	1	1	10	1%
Đỏ	2	2	10^2	2%
Da cam	3	3	10^3	3%
Vàng	4	4	10^4	4%
Xanh lá cây	5	5	10^5	5%
Xanh da trời	6	6	10^6	6%
Tím	7	7	10^7	7%
Xám	8	8	10^8	8%
Trắng	9	9	10^9	9%
Vàng kim loại	–	–	0,1	5%
Bạc kim loại	–	–	0,01	10%
Không màu	–	–	–	20%

Hiện nay người ta sử dụng phổ cập loại điện trở có hình khối chữ nhật, kích thước rất nhỏ. Trên điện trở có thể có hoặc không đề giá trị điện trở. Chúng được dùng trong các loại mạch in kiểu lắp ráp bề mặt.

Giá trị danh định của điện trở không phải là một số ngẫu nhiên bất kỳ do người chế tạo nghĩ ra, mà được chọn trong dãy các giá trị được sắp xếp theo qui luật, gọi là dãy E_n, trong đó n là số tự nhiên. Đây là dãy cấp số nhân 1, q_n, q_n^2, q_n^3... q_n^{10} với $q_n = \sqrt[n]{10}$. Thí dụ, với dãy E_6, $q_6 = \sqrt[6]{10} = 1,47$, đối với E_{12}, $q_{12} = \sqrt[12]{10} = 1,21$... Mỗi một dãy ứng với một giá trị sai số khác nhau. Giá trị thực tế của điện trở sẽ bằng giá trị danh định cộng/trừ sai số. Trên bảng 4-2 trình bày các dãy giá trị danh định của điện trở.

Bảng 4-2. **Dãy giá trị danh định của điện trở**

Dãy danh định E_n	Toán tử cấp số nhân q_n	Các giá trị danh định của dãy	Sai số so với giá trị danh định, %
E_6	1,47	1,0; 1,5; 2,2; 3,3; 4,7,6,8	± 20
E_{12}	1,21	1,0; 1,5; 2,2; 3,3; 4,7; 6,8 1,2; 1,8; 2,7; 3,9; 5,6; 8,2	± 10 ± 10
E_{24}	1,1	1,0; 1,5; 2,2; 3,3; 4,7; 6,8 1,1; 1,6; 2,4; 3,6; 5,1; 7,5 1,2; 1,8; 2,7; 3,9; 5,6; 8,2 1,3; 2,0; 3,0; 4,3; 6,2; 9,1	± 5 ± 5 ± 5 ± 5
E_{48}	1,05		
E_{96}	1,025		
E_{192}	1,012		

4.2. TỤ ĐIỆN

4.2.1. Khái niệm chung

Tụ điện là linh kiện điện tử được tạo bởi hai bản cực dẫn điện, được ngăn cách bởi môi trường cách điện và có khả năng tích trữ năng lượng điện.

Điện dung của tụ điện được xác định bằng tỉ số giữa lượng điện tích trong nó với điện áp đặt vào hai bản cực. Đối với tụ điện có bản cực phẳng, điện dung của nó bằng:

$$C = 8{,}8.10^{-3}\varepsilon\ S/d \qquad (4\text{-}2)$$

trong đó: ε - độ từ thẩm của chất cách điện;

S - diện tích bản cực;

d - độ dày tấm cách điện.

Giá trị điện dung danh định của tụ điện được người sản xuất chọn theo dãy E_n như ở bảng 4.2 đối với điện trở. Ngoài giá trị này, tụ điện còn được đặc trưng bởi các tham số như sai số điện dung cực đại của cấp tụ điện (cấp chất lượng)%, điện áp làm việc danh định (V), điện áp đánh thủng (kV), hằng số thời gian phóng điện dòng rò (sec hoặc MΩ.μF), tần số cộng hưởng xác định dải tần làm việc, độ ổn định nhiệt của các tham số, dòng nạp tại điện áp làm việc cực đại v.v...

4.2.2. Phân loại

Tụ điện phân loại theo bản chất môi trường cách điện, theo kiểu dòng điện làm việc và theo điện dung.

Môi trường cách điện sử dụng trong tụ điện có thể là không khí, giấy, kính, sứ, chân không, khí trơ, thạch anh, gốm, êmay, chất điện môi pôlyêtylen và các hợp chất cao phân tử cách điện khác.

Tụ điện thường chia làm các nhóm có khả năng làm việc chỉ với dòng điện xoay chiều hoặc dòng điện một chiều hay cả hai loại. Tụ điện thường chỉ làm việc với dòng điện một chiều là tụ điện môi.

Tụ điện có thể phân loại theo nhóm có điện dung ổn định và điện dung biến thiên. Loại điện dung biến thiên thường được dùng trong các bộ dò tần số của các máy thu phát trong việc truyền tin theo đường dây tải điện (*PLC*) và các thiết bị thông tin khác.

4.2.3. Ứng dụng của tụ điện

Ứng dụng của tụ điện tương đối đa dạng. Ở đây chỉ nêu một vài chức năng của tụ dùng trong một số sơ đồ điện thông dụng.

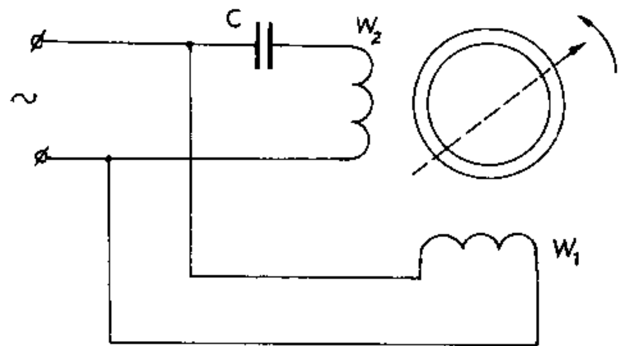
Chức năng lọc nhiễu của tụ được sử dụng để hạn chế các sóng hài bậc cao gây nhiễu cho quá trình làm việc của các linh kiện điện tử. Tụ điện khi đó được chọn sao cho có điện trở thấp đối với các sóng hài này, vì vậy các dòng nhiễu sẽ đi tắt về nguồn, không qua linh kiện cần chống nhiễu. Thí dụ trên hình 5-42, các đầu vào chân nguồn 5 V của bộ chuyển đổi *ADC* 0809 được nối tắt bởi tụ 100 pF, tương tự như vậy đối với vi mạch *V4* là bộ chốt 74374, tụ 100 pF nối giữa chân đất và nguồn 5 V sẽ giảm bớt khả năng chuyển trạng thái nhầm của các đầu ra khi có nhiễu cao tần xuất hiện. Vì các mạch nguồn và đất của các thiết bị điện tử, thí dụ như các rơle số thường dài so với các mạch tín hiệu khác nên trong điều kiện điện từ trường chúng hoạt động như các ăngten thu và vai trò tụ lọc nhiễu ở đây

rất quan trọng.

Tụ có thể được dùng để làm lệch pha dòng điện chạy qua nó đi một góc +90° do tổng trở tương đương của tụ điện được tính theo công thức:

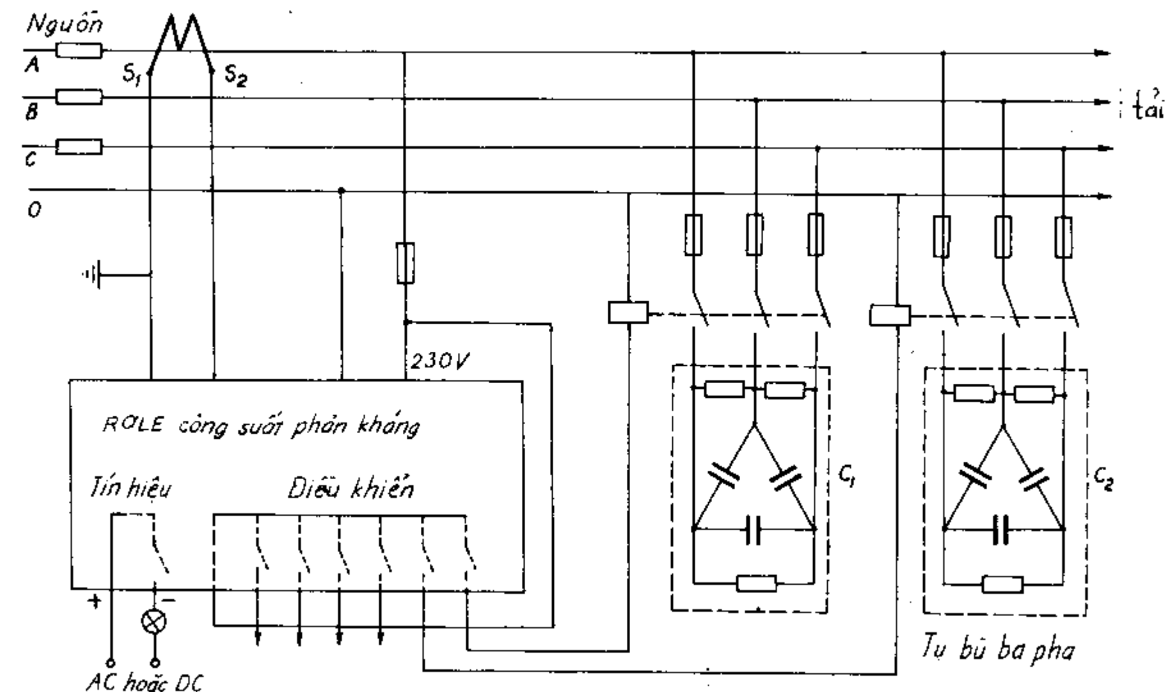
$$Z_c = -jX_c \text{ với } X_c = \frac{1}{\omega C}$$

Tính chất này của tụ điện được dùng để tạo ra từ trường quay trong các động cơ không đồng bộ một pha. Như ta đã biết, dòng điện xoay chiều một pha không có khả năng tạo ra từ trường quay trong các cuộn dây stato của động cơ không đồng bộ. Để làm được điều đó ta cần mắc tụ vào cuộn dây thứ hai đặt vuông góc với cuộn dây thứ nhất về mặt không gian để tạo ra từ trường quay như trên hình 4-1. Dĩ nhiên tụ C được chọn phải có dòng nạp và điện áp làm việc lớn hơn dòng và áp của dòng điện chạy qua cuộn dây stato.



Hình 4-1. Tạo từ trường quay cho động cơ không đồng bộ sử dụng tụ.

Trong các lưới điện trung và hạ áp cung cấp cho các khu công nghiệp và các hộ tiêu dùng thành phố, với tải có đặc tính phản kháng



Hình 4-2. Sơ đồ mắc tụ bù công suất phản kháng điều khiển bằng rơle.

hoặc không tuyến tính như động cơ, máy biến thế, các cuộn chặn, các bộ chuyển đổi nguồn, nguồn điện duy trì (UPS), các đồ điện gia dụng như TV, máy tính, đèn nêon..., hệ số $\cos\varphi$ của lưới sẽ bị hạ thấp và xuất hiện các sóng hài bậc cao làm biến dạng sóng hình sin của điện lưới. Các sóng hài này thường là bậc lẻ, trong các lưới hạ thế có thể đạt tới 5% đối với sóng hài bậc 5; 4% với sóng hài bậc 7 và 2,5% với sóng hài bậc 11 [32]. Để nâng cao chất lượng dòng điện, người ta thường sử dụng các tụ bù công suất phản kháng nối giữa lưới dẫn tới tải như trên hình 4-2.

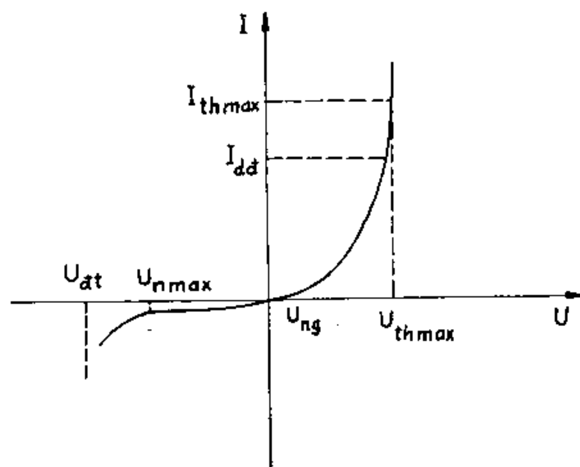
Các tụ bù thường mắc song song với nhau và với tải được chia thành nhiều cấp và lần lượt được nối vào lưới dưới sự điều khiển của rơle điều khiển công suất phản kháng tùy theo lượng công suất cần bù. Hiện nay người ta đã chế tạo được những tụ bù có chất lượng cao, rất nhỏ gọn, cỡ 15kVAR /dm^3 sử dụng chất cách điện lỏng có khả năng tự phục hồi sau khi bị đánh thủng và có dòng rò rất nhỏ [32].

Một trong các ứng dụng cổ điển của tụ trong các bộ nguồn một chiều là chức năng là phẳng xung dao động của dòng xoay chiều sau khi được nắn một hoặc hai nửa chu kỳ nhằm tạo ra nguồn một chiều ổn định như trên hình 4-26. Điều cần chú ý là các tụ loại này thường có điện dung lớn (cỡ > 500 μF) và là tụ phân cực (như tụ điện môi). Trên tụ thường ghi điện áp làm việc một chiều, thí dụ 16 V DC đối với bộ nắn dòng 5 V. Trong các nguồn thao tác cung cấp cho các rơle bảo vệ số, đôi khi cần các nguồn làm việc 127 V hoặc 220 V một chiều, giá trị điện áp làm việc ghi trên tụ nắn dòng cần phải vượt quá áp đỉnh tức là $127.\sqrt{2}$ hoặc $220.\sqrt{2}$ tương ứng. Nếu vì nguyên nhân nào đó trong trường hợp này ta sử dụng nhầm tụ 350 V AC thay vì 350 V DC thì cuộn thứ cấp của biến áp nguồn cung cấp cho cầu nắn dòng sẽ bị quá tải và có thể bị cháy nếu sử dụng lâu. Nguyên do là tụ làm việc với dòng xoay chiều sẽ cho thành phần hình sin đi qua, thành phần này khá lớn trong dòng ở đầu ra của cầu nắn dòng. Như vậy tổng trở đầu ra của bộ nắn dòng sẽ bị giảm thấp làm quá tải biến áp nguồn hoặc làm cháy điôt nắn dòng.

4.3. ĐIÔT

4.3.1. Đặc tuyến vôn-ampe

Điôt là linh kiện bán dẫn có một lớp tiếp xúc *n-p* và hai đầu ra. Đặc tuyến vôn-ampe của linh kiện này được trình bày trên hình 4-3. Điôt có đặc tính dẫn điện khác nhau theo hai chiều. Nếu đặt cực dương của điện áp nguồn vào chân nối với lớp bán dẫn *p*, còn cực âm - với lớp bán dẫn *n* thì điện trở lớp tiếp xúc *n-p* sẽ nhỏ, khi đó điện áp rơi trên điôt sẽ gọi là điện áp thuận. Khi điện áp thuận nhỏ hơn điện áp ngưỡng ($U_n \approx 0,4$ V) dòng điện qua điôt sẽ rất nhỏ. Với điện áp thuận vượt qua điện áp ngưỡng, dòng điện qua



Hình 4-3. Đặc tuyến vôn-ampe của điôt

điôt tăng lên nhanh chóng: điôt mở. Tuy nhiên điện áp thuận cực đại ($U_{th\ max}$) thường không vượt quá 0,8 ÷ 1 V đối với đa số các loại điôt. Nếu cực tính của áp ngoài ngược với chiều dẫn điện của điôt, dòng điện qua điôt sẽ rất nhỏ. Tuy nhiên, nếu tăng điện áp ngược vượt quá khoảng 1,2 ÷ 1,5 lần điện áp ngược cực đại của điôt, điôt có thể bị đánh thủng. Như vậy, khi sử dụng điôt cần chú ý hai tham số chính sau: dòng làm việc danh định I_{dd} và điện áp ngược cực đại $U_{n\ max}$.

Tùy theo giá trị dòng làm việc danh định, người ta chia điôt ra làm ba loại:

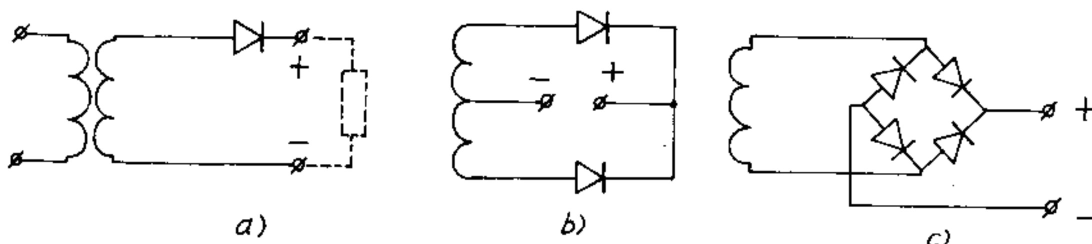
Loại công suất nhỏ: $I_{dd} = 0 \div 300$ mA

Loại công suất trung bình: $I_{dd} = 0{,}3$ A ÷ 10 A

Loại công suất lớn: $I_{dd} \geq 10$ A.

4.3.2. Nắn dòng xoay chiều một pha dùng điôt

Người ta sử dụng khả năng dẫn điện theo một chiều của điôt bán dẫn trong việc nắn dòng xoay chiều thành dòng một chiều. Trên hình 4-4 trình bày các sơ đồ nắn dòng xoay chiều một pha thành dòng một chiều. Trong sơ đồ nắn dòng xoay chiều một nửa chu kỳ (hình 4-4a) dòng điện được cung cấp cho tải tại nửa chu kỳ dương của dòng xoay chiều. Ở đây chỉ cần một điôt để nắn dòng.

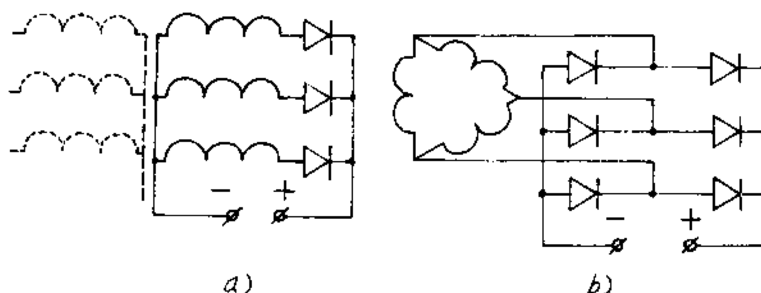


Hình 4-4. Nắn dòng xoay chiều một pha

Tuy nhiên, nguồn một chiều nhận được có công suất thấp do một nửa chu kỳ kia điôt không dẫn điện. Để tăng công suất nguồn, người ta thường sử dụng các sơ đồ nắn dòng hai nửa chu kỳ. Trên hình 4-4b trình bày sơ đồ nắn dòng loại này, sử dụng biến áp có điểm trung tính và chỉ cần hai điôt. Còn mạch cầu 4 điôt như trên hình 4-4c thường được sử dụng phổ cập hơn cả trong các bộ nguồn một chiều nắn dòng từ điện xoay chiều.

4.3.3. Nắn dòng xoay chiều ba pha dùng điôt

Trên hình 4-5a trình bày sơ đồ nắn dòng ba pha lấy nguồn xoay chiều từ cuộn thứ cấp mắc theo hình sao có dây trung tính của cuộn biến áp ba pha. Trường hợp nguồn xoay chiều ba pha

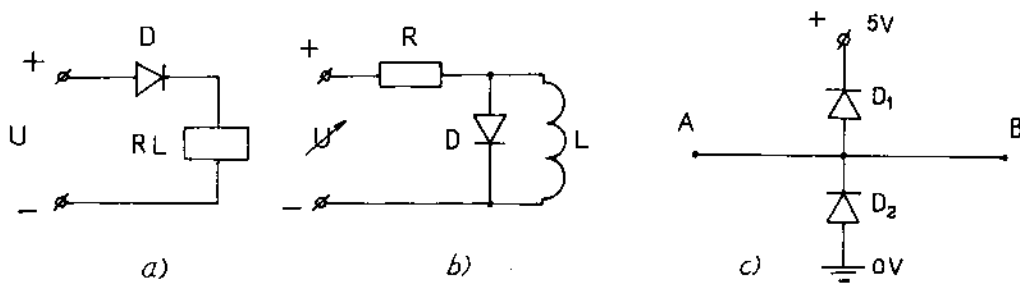


Hình 4-5. Nắn dòng xoay chiều ba pha

không có dây trung tính, người ta sử dụng sơ đồ nắn dòng như trên hình 4-5b.

4.3.4. Các mạch ngưỡng và bảo vệ dùng điôt

Trên hình 4-6a trình bày sơ đồ đặt ngưỡng cho áp đầu vào *U*. Ở đây cuộn rơle sẽ không khởi động nếu điện áp *U* không vượt quá điện áp ngưỡng U_{ng} để mở điôt (thường khoảng 0,4 V). Còn với sơ đồ như trên hình 4-6b, điện áp rơi trên cuộn dây *L* không bao giờ vượt quá 0,8 V cho dù điện áp đầu vào *U* có thay đổi lớn.

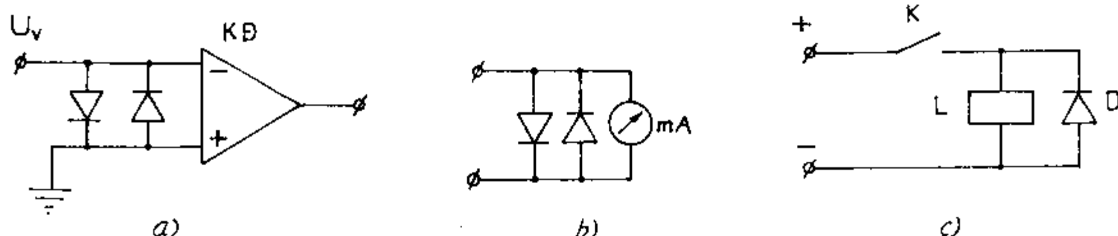


Hình 4-6. Sơ đồ mạch ngưỡng và bảo vệ dùng điôt

Với sơ đồ mắc điôt như trên hình 4-6c của đoạn dây *AB* bao giờ cũng nằm trong khoảng từ 0 đến 5 V. Nếu vì nguyên nhân nào đó điện áp rơi ra ngoài khoảng này thì điôt sẽ mở thông dây *AB* hoặc với đất hoặc với nguồn 5 V, khiến cho điện áp này trở lại giá trị từ 0 đến 5 V.

4.3.5. Một số sơ đồ bảo vệ dùng điôt

Đối với những phần tử nhạy cảm với sự quá điện áp như bộ khuếch đại thuật toán hoặc các miliampe kế, có thể sử dụng các sơ đồ bảo vệ như trình bày trên hình 4-7a,b. Điện áp rơi trên phần tử được bảo vệ sẽ nằm trong khoảng -0,8 ÷ 0,8 V.



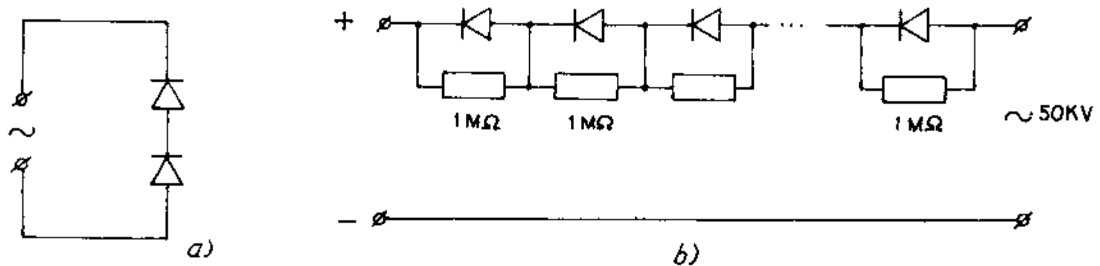
Hình 4-7. Một số sơ đồ bảo vệ dùng điôt

Phương pháp sử dụng điôt để bảo vệ cuộn dây như trên hình 4-7c đã được đề cập ở mục 2.3.2. Khi ngắt khóa *K*, dòng qua cuộn dây đột ngột giảm xuống 0, vì vậy giữa các vòng dây của cuộn dây *L* xuất hiện một điện áp tự cảm rất lớn. Nếu không có điôt *D* làm giảm điện áp này thì quá điện áp tự cảm có thể làm giảm tuổi thọ của lớp cách điện của cuộn dây.

4.3.6. Mắc nối tiếp các điôt

Việc sử dụng điôt một cách chuẩn xác ngoài việc xem xét dòng làm việc danh định còn

phải tính đến hiệu điện thế đánh thủng của chúng. Nếu hiệu điện thế làm việc đặt ngược lên điôt (nhất là đối với dòng xoay chiều) lớn hơn điện áp đánh thủng của điôt, trên thực tế cần phải mắc nối tiếp hai hay nhiều điôt... như trên hình 4-8a sao cho tổng hiệu điện thế đánh thủng của các điôt lớn hơn 1,5 ÷ 2 lần điện áp ngược đó (hình 4-8a).

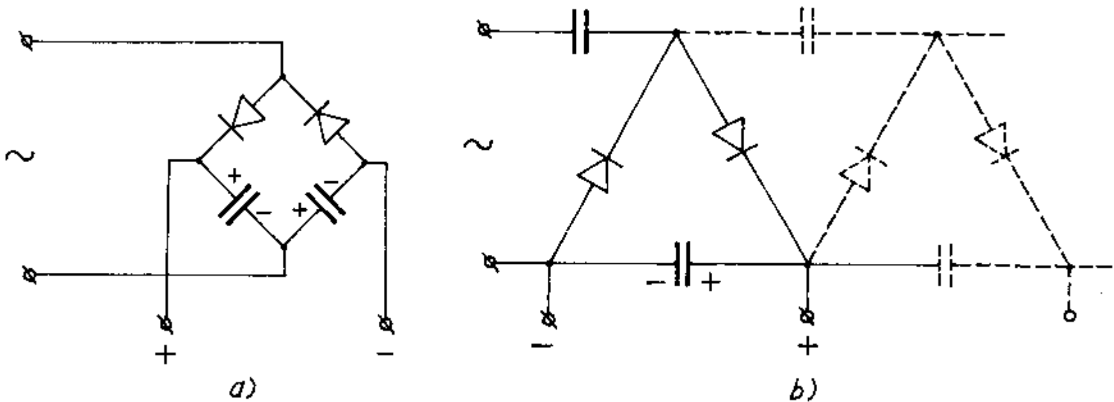


Hình 4-8. Sơ đồ mắc nối tiếp các điôt

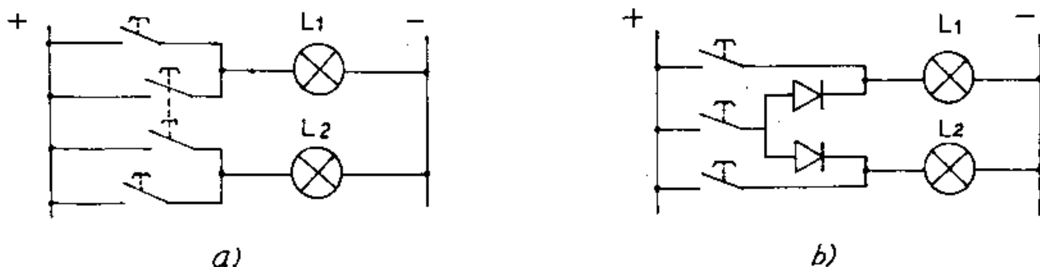
Trong trường hợp nắn dòng cao áp, cần đặt các điện trở phân áp song song với các điôt để phân đều các điện áp ngược rơi trên từng điôt, tránh được hiện tượng đánh thủng (hình 4-8b).

4.3.7. Sơ đồ nhân áp

Trên hình 4-9 trình bày các sơ đồ nhân đôi áp (a) và nhân áp lên nhiều lần (b), sử dụng điôt và tụ hóa.



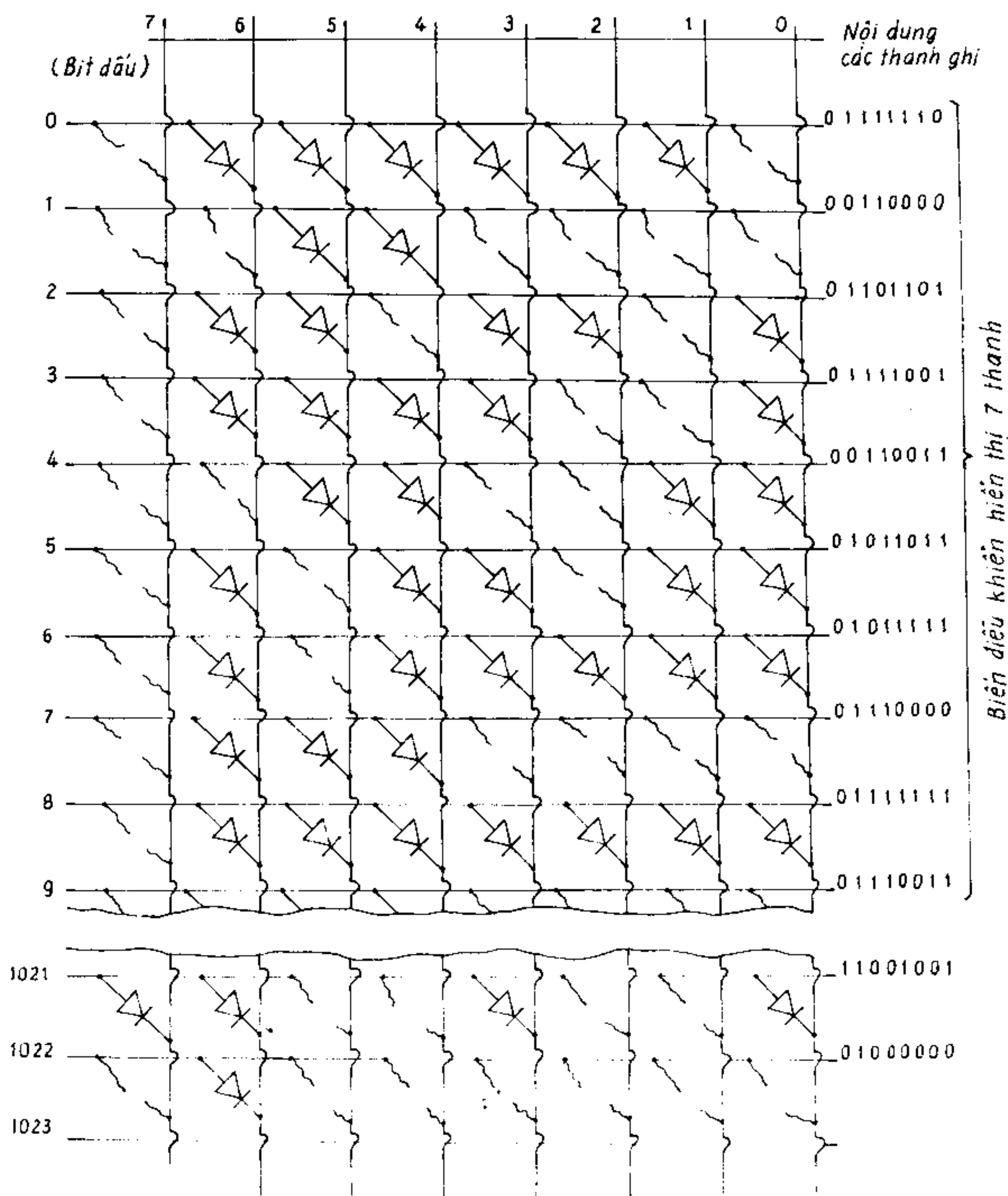
Hình 4-9. Sơ đồ nhân áp dùng điôt và tụ



Hình 4-10. Đơn giản hóa sơ đồ điều khiển bằng điôt

4.3.8. Chức năng đơn giản hóa sơ đồ

Điôt có thể được sử dụng để đơn giản hóa các sơ đồ bảo vệ rơle. Trên hình 4- 10a,b giới thiệu hai sơ đồ tương đương nhau. Việc sử dụng điôt cho phép giảm số lượng các tiếp điểm đồng thời làm tăng tính mềm dẻo của sơ đồ.



Hình 4-11. Sơ đồ bộ nhớ dùng điôt

Trong các hệ thống bảo vệ rơle thực hiện các thao tác phức tạp, mỗi thao tác do một số các rơle đầu ra đảm nhiệm. Nếu không dùng các điôt định hướng khi số lượng các thao tác lớn thì số lượng các rơle cũng rất lớn. Trên thực tế người ta chia các rơle đầu ra thành từng nhóm nhỏ, giữa các nhóm có các điôt định hướng ngăn cách và việc thay đổi thao tác tiến hành bằng cách sử dụng các tổ hợp khác nhau của các nhóm rơle đầu ra.

4.3.9. Các bộ nhớ dùng điôt

Khả năng dẫn điện theo một chiều của điôt có thể được sử dụng trong các ma trận nhớ hoặc trong các bộ nhớ đọc (*ROM*). Trình bày trên hình 4- 11 là sơ đồ bên trong của một bộ *ROM* dung tích nhớ 1024 x 8.

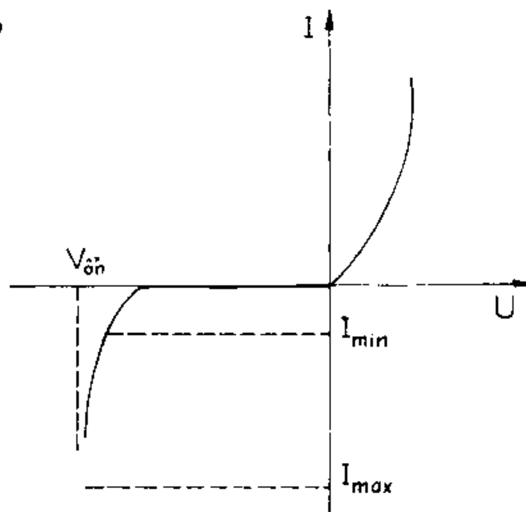
Trước khi nạp dữ liệu tất cả các hàng địa chỉ được nối với các cột dây bít qua các điôt. Khi ghi dữ liệu nếu nội dung ô nhớ là 0 thì người ta chế tạo cho dòng điện mạnh làm cháy đứt điôt, còn nếu nội dung ô nhớ là 1 thì điôt tương ứng được giữ nguyên. Mỗi một địa chỉ tương ứng với một thanh ghi 8 bit chứa nội dung thông tin cần lưu trữ. Thí dụ trên hình 4- 11, mười địa chỉ đầu (tương ứng với nội dung các biến điều khiển bộ hiển thị 7 thanh từ số 0 đến 9 (xem bảng sự thật trên hình 5- 37c. Mỗi khi muốn điều khiển bộ hiển thị này ta chỉ cần truy nhập đến các ô nhớ tương ứng. Đây là phương pháp khác để điều khiển bộ hiển thị 7 thanh.

Điều đáng chú ý là bộ nhớ *ROM* chỉ được ghi thông tin một lần vào lúc chế tạo, sau đó không có khả năng thay đổi nội dung bộ nhớ nữa.

4.4. ĐIÔT ỔN ÁP

4.4.1. Đặc tuyến vôn-ampe của điôt ổn áp

Chế độ làm việc của điôt với chức năng ổn áp là đặt điện áp ngược lên điôt. Khi đó trong miền biến thiên của dòng chạy qua điôt từ I_{min} đến I_{max} áp rơi trên điôt được giữ ổn định và bằng $V_{ổn}$ (hình 4- 12). Đối với mỗi loại điôt ổn áp thường có giá trị hiệu điện thế ổn áp xác định. Đối với điôt ổn áp bán dẫn, giá trị này từ khoảng 2,5 V đến khoảng 25 V.

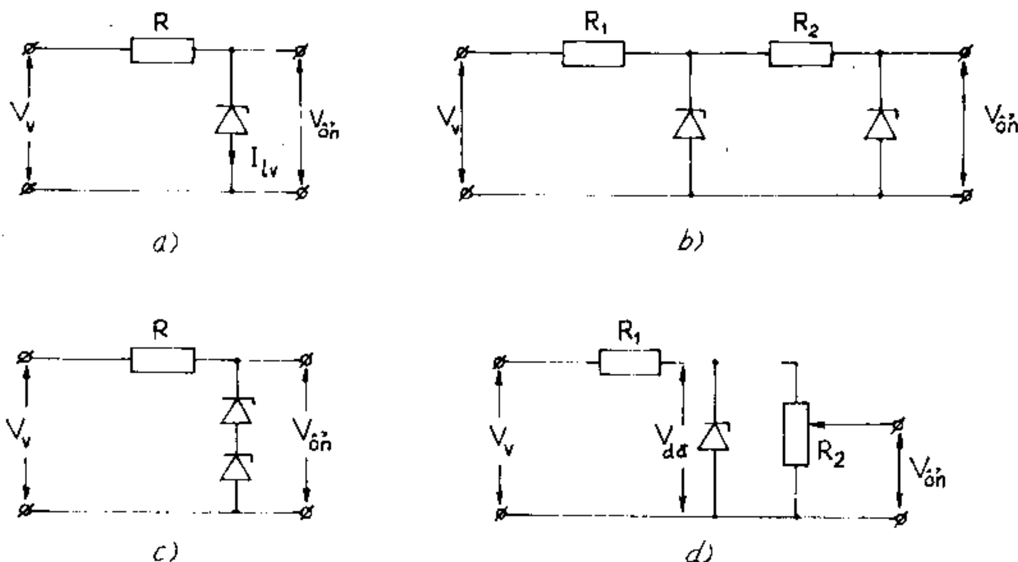


Hình 4-12. Đặc tuyến vôn-ampe của điôt ổn áp

Trong các mạch điện tử, việc chọn điôt ổn áp thích hợp là chọn chế độ áp và dòng qua điôt đúng với áp và dòng danh định của nó. Thí dụ như trên hình 4- 13a ta cho V = 25 V, áp cần ổn định $V_{ổn}$ = 12 V, dòng làm việc của điôt đã chọn là từ 3 mA đến 25 mA. Cần tìm giá trị của điện trở R để điôt ổn áp làm việc đúng chế độ. Ta chọn dòng của điôt: $I_{lv} = 1/2\ (3 + 25) = 14$ mA. Điôt chỉ có tác dụng ổn áp nếu dòng chảy qua tải xấp xỉ 0,1 dòng qua điôt ổn áp. Như vậy dòng điện chạy qua điện trở R sẽ xấp xỉ 15,4 mA. từ đó tính được điện trở $R = (25 - 12).10^3/15,4 \approx 830\ \Omega$.

4.4.2. Các sơ đồ mắc điôt ổn áp

Trên hình 4-13 giới thiệu các sơ đồ mắc điôt ổn áp điển hình. Nếu thành phần xoay chiều của nguồn một chiều đầu vào V_v không lớn chỉ cần ổn áp một lần như trên hình 4-13a. Nếu thành phần xoay chiều lớn, cần dùng hai tầng ổn áp như trên hình 4-13b. Nếu muốn tăng giá trị áp được ổn, có thể mắc nối tiếp một vài điôt ổn áp cùng loại như trên hình 4-13c. Trên hình 4-13d bằng cách sử dụng biến trở R_2 ta có thể nhận được giá trị áp được ổn nằm trong khoảng từ 0 đến $V_{ổn\ dd}$ của điôt ổn áp (ký hiệu "dd" chỉ danh định).



Hình 4-13. Một số sơ đồ mắc điôt ổn áp

Điôt ổn áp thường được sử dụng trong các nguồn điện một chiều tạo ra từ nguồn xoay chiều, nhất là trong các tầng tiền khuếch đại.

4.5. TRANZITO

4.5.1. Đặc tuyến vôn-ampe

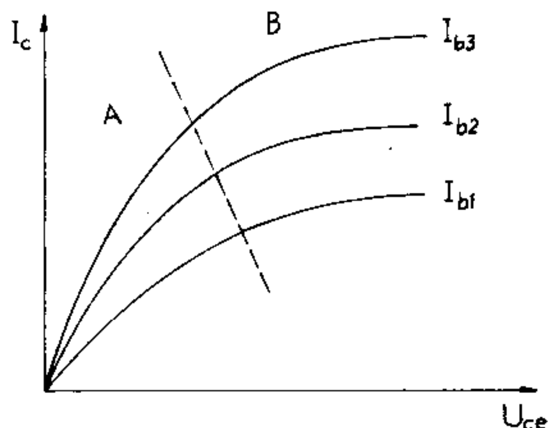
Tranzito thường có hai kiểu *n - p - n* và *p - n - p*.

Đặc tuyến vôn-ampe của tranzito với các dòng cực gốc khác nhau được trình bày trên hình 4-14, trong đó:

I_c - dòng qua cực góp;

U_{ce} - hiệu điện thế giữa cực góp và cực phát.

Tranzito thường làm việc ở hai chế độ chính. Chế độ khuếch đại tuyến tính tương ứng với vùng tín hiệu chưa bão hòa

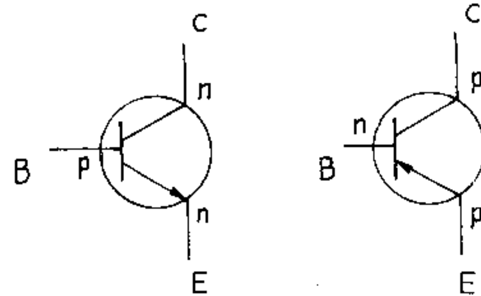


Hình 4-14. Các miền làm việc của tranzito

(miền *A*) và chế độ đóng ngắt mạch tương ứng với vùng tín hiệu bão hòa (miền *B*). Tồn tại ba sơ đồ mắc tranzito: sơ đồ với cực gốc chung, sơ đồ với cực phát chung và sơ đồ với cực góp chung. Sơ đồ với cực phát chung được sử dụng phổ cập hơn cả. Đây là sơ đồ khuếch đại dòng và áp (tức là khuếch đại công suất). Sơ đồ với cực góp chung không khuếch đại áp mà khuếch đại dòng do đó thường được dùng làm mạch tương thích cho các tầng có tổng trở vào và ra không phù hợp nhau. Còn sơ đồ mắc tranzito với cực gốc chung ít được ứng dụng.

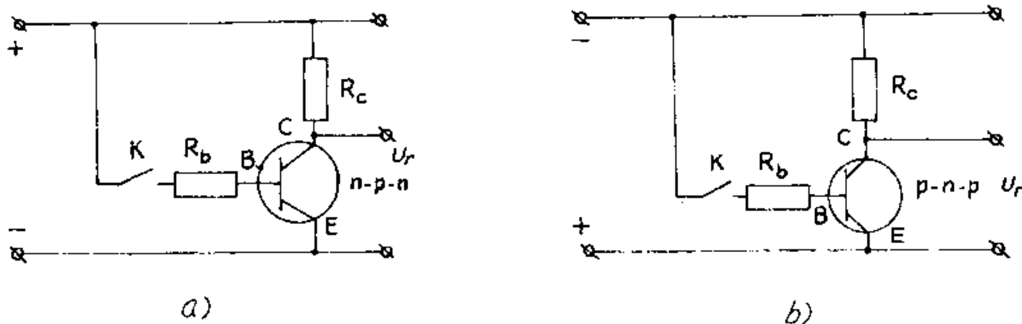
4.5.2. Phương pháp xác định ký hiệu các chân của tranzito

Trên thực tế thường hay có nhu cầu xác định các chân cực gốc (*B*), cực phát (*E*) và cực góp (*C*) của một tranzito không quen biết.



Hình 4-15. Ký hiệu các loại tranzito

Trước hết ta dùng ôm kế xác định chân mà điện trở từ chân đó tới hai chân còn lại kia là nhỏ nhất (thường dưới 1 đến 2 kΩ). Đây chính là chân của cực gốc (*B*). Chú ý là chỉ đo được điện trở nhỏ nhất này nếu ta để điện cực của phích đo ôm kế thuận với chiều dẫn điện của lớp bán dẫn *n* - *p*, do đó cần phải đổi điện cực một vài lần để thử. Tiếp sau đó cần xác định tranzito thuộc loại *p* - *n* - *p* hay *n* - *p* - *n*. Muốn thế ta cần thử xem với điện cực âm hay dương của phích đo ôm kế áp vào cực gốc, cực còn lại lần lượt áp vào hai chân kia, điện trở đo được là nhỏ nhất. Nếu cực dương thì tranzito thuộc loại *n* - *p* - *n*, còn nếu cực âm thì là loại *p* - *n* - *p*. Cuối cùng ta cần xác định chân cực góp (*C*) và cực phát (*E*). Trong trường hợp chung, hướng dẫn điện sẽ theo chiều mũi tên như trên hình 4- 15a và b, do đó dùng ôm kế có thể xác định ngay được chân cực góp và cực phát nếu biết tranzito là loại nào. Nhưng trong nhiều trường hợp giữa hai chân *C* và *E* đều có điện trở cao theo hai chiều (vì dòng qua cực gốc *B* bằng 0) do đó để chính xác hơn, khi đo cần cho cực gốc *B* có điện áp dương (nếu tranzito là loại *n* - *p* - *n*) hoặc điện áp âm (nếu là loại *p* - *n* - *p*) thì sự dẫn điện theo một chiều sẽ rõ ràng hơn.



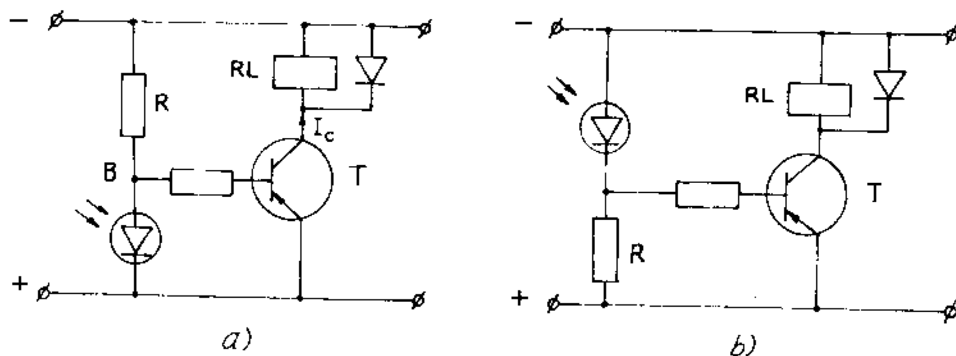
Hình 4-16. Các sơ đồ rơle không tiếp điểm dùng tranzito

4.5.3. Chức năng đóng ngắt mạch

Trong trường hợp này, tranzito làm việc trong chế độ bão hòa (miền *B* trên hình 4-14). Nó đóng vai trò như một rơle không tiếp điểm. So với chức năng đóng ngắt mạch của rơle có tiếp điểm, rơle không tiếp điểm có các ưu điểm sau:

- Kích thước nhỏ, giá thành giảm.
- Không có hiện tượng phóng tia hồ quang làm giảm tuổi thọ của tiếp điểm.
- Chi phí bảo quản, khai thác, sửa chữa giảm.

Trên hình 4-16a và b giới thiệu các sơ đồ đóng ngắt mạch sử dụng tranzito loại *n-p-n* và *p-n-p*. Ta cần chú ý cực của nguồn cung cấp thay đổi khi thay đổi lại tranzito. Khi dòng qua cực gốc $I_b = 0$, dòng qua cực góp $I_c = 0$, công tắc hở mạch. Khi dòng qua cực gốc I_b đạt giá trị nào đó (cần tính giá trị R_b) dòng cực góp I_c sẽ đạt giá trị cực đại $I_{c\,max}$, công tắc sẽ đóng mạch. Ứng dụng nguyên lý này vào các mạch điện thực tế, có thể thiết kế hệ thống tự động bật đèn đường sáng khi trời tối như trên hình 4-17 *a* và *b*.



Hình 4-17. Sơ đồ hệ thống tự động bật đèn dùng tranzito

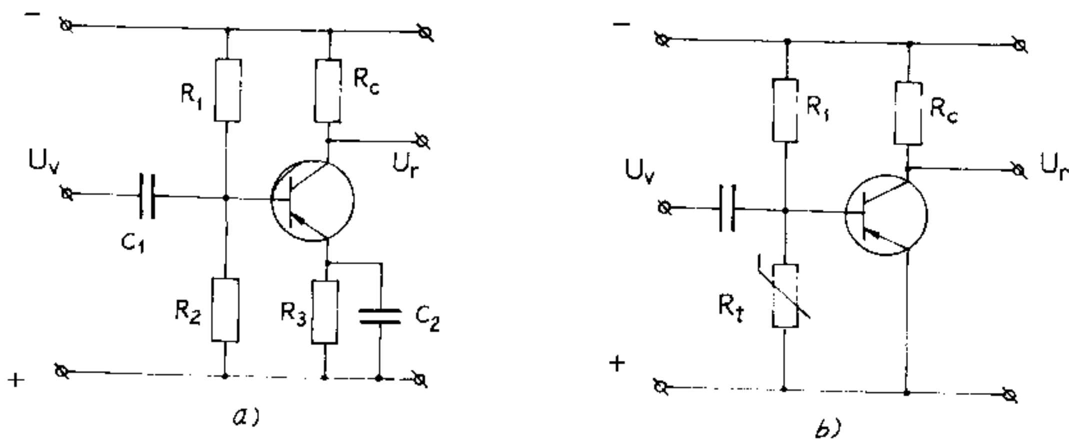
Trên hình 4-17a có sử dụng phôtôđiôt nhạy cảm với ánh sáng ban ngày. Khi không có ánh sáng, điện trở của nó rất cao (cỡ MΩ) so với điện trở *R*. Áp tại điểm *B* xấp xỉ với áp tại *A*, do đó tranzito *T* thông mạch, rơle hoạt động sẽ đóng mạch để đèn sáng. Khi có ánh sáng ban ngày, điện trở của phôtôđiôt giảm xuống (chỉ còn cỡ 1 kΩ) so với *R*, dòng I_b, do đó I_c bằng 0, rơle đầu ra sẽ ngắt mạch đèn. Ở sơ đồ 4-17b quá trình làm việc sẽ ngược lại.

4.5.4. Chức năng khuếch đại tuyến tính

Sơ đồ một tầng khuếch đại điển hình dùng tranzito trình bày trên hình 4-18a và b.

Như ta đã biết, để tín hiệu đầu vào không bị méo, tranzito cần được làm việc trong miền tuyến tính *A* (hình 4-14). Để làm điều đó người ta sử dụng mạch chia áp tạo bởi hai điện trở R_1 và R_2. Việc chọn đúng giá trị R_1 và R_2 cho phép chọn được dòng cực gốc I_b đúng, khi đó độ trung thực của khuếch đại sẽ lớn nhất. Điện trở R_3 có chức năng ổn định mạch khuếch đại khi nhiệt độ thay đổi. Tụ điện C_1 chỉ cho phép các tín hiệu xoay chiều đầu vào đi qua, gạt bỏ thành phần không đổi không cho lan truyền giữa các tầng khuếch đại.

Trên hình 4-18b trình bày phương pháp ổn định nhiệt khác dùng điện trở nhiệt R_t. Điện trở này được đặt trên bộ tản nhiệt của tranzito. Tham số khuếch đại của tranzito do đó không bị thay đổi khi nhiệt độ thay đổi.



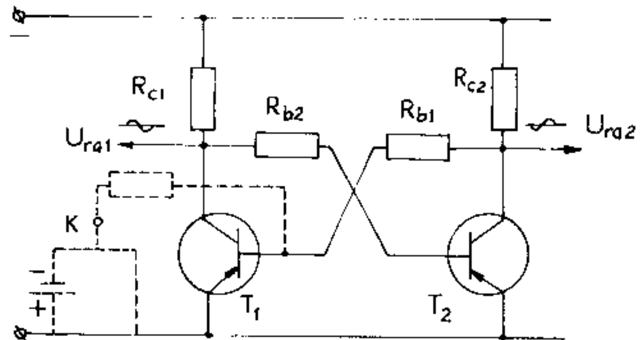
Hình 4-18. Sơ đồ khuếch đại dùng tranzito

4.5.5. Mạch lật dùng tranzito

Trên hình 4-19 giới thiệu sơ đồ mạch lật sử dụng tranzito.

Trong mạch lật, hai tranzito T_1 và T_2 luôn luôn ở hai trạng thái ngược nhau: khi T_1 bão hòa, T_2 đóng và khi T_1 đóng, T_2 bão hòa, do đó áp U_{ra1} và U_{ra2} sẽ luôn luôn có pha ngược nhau.

Sự chuyển trạng thái được thực hiện bởi chuyển mạch K.

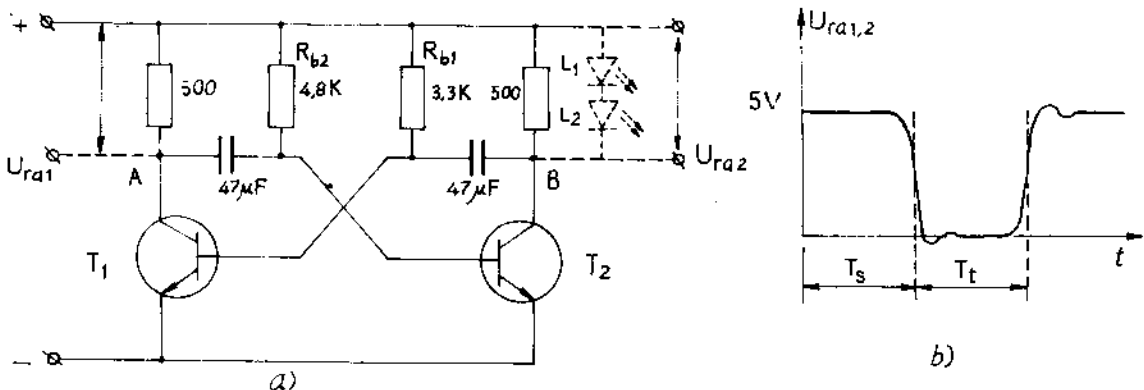


Hình 4-19. Sơ đồ mạch lật dùng tranzito

4.5.6. Mạch tạo xung đơn giản từ tranzito

Trên hình 4-20 giới thiệu sơ đồ mạch tạo xung dùng hai tranzito.

Từ hai điểm A và B có thể lấy được hai nguồn xung dao động ngược pha nhau. Có thể sử dụng các nguồn này để làm đèn nhấp nháy bằng cách mắc các đèn *LED* nối tiếp nhau

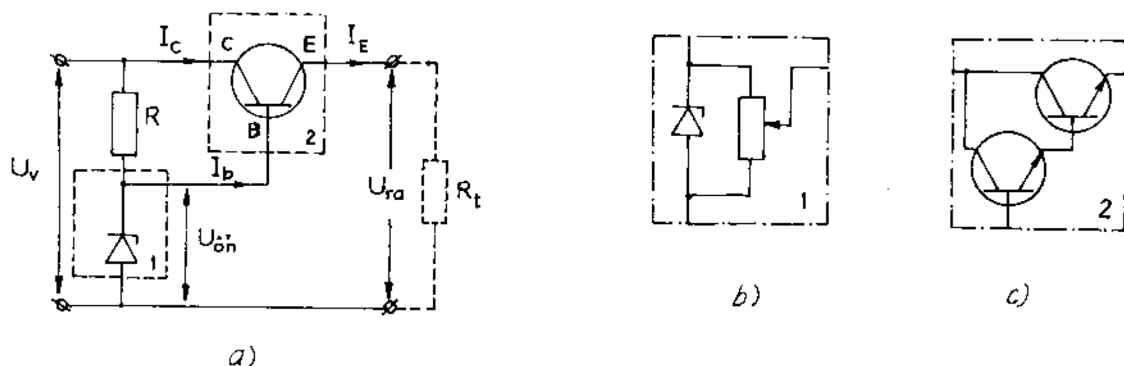


Hình 4-20. Mạch tạo xung dùng tranzito

(hình 4-20a). Thời gian phát sáng T_s và tối T_t có thể điều chỉnh cho khác nhau bằng cách thay đổi các điện trở R_{b1} và R_{b2}. Tranzito T_1 và T_2 có thể chọn loại công suất thấp, thí dụ như tranzito công suất nhỏ do quốc phòng Việt Nam sản xuất.

4.5.7. Mạch ổn áp dùng tranzito

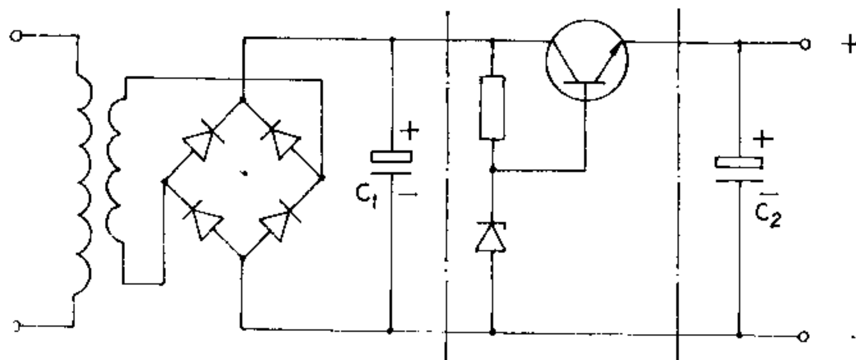
Nguyên lý của quá trình ổn áp (hình 4-21) như sau: Dù dòng qua cực góp C có thay đổi như thế nào, hiệu điện thế giữa cực gốc và cực phát U_{BE} vẫn không đổi và xấp xỉ 0,5 V đối với đa số các loại tranzito. Với sơ đồ mắc tranzito như trên ta có $U_{ra} = U_{ổn} - U_{BE}$ = const. Công suất của nguồn ổn áp bị hạn chế bởi các giá trị U_v, I_{Emax} và công suất tản mát cực đại của tranzito.



Hình 4-21. Các sơ đồ ổn áp dùng tranzito

Muốn điều chỉnh giá trị của U_{ra}, ta có thể sử dụng biến áp như trên hình 4-21b.

Như ta đã biết, để có tác dụng ổn áp, dòng cực gốc I_b phải nhỏ hơn nhiều lần dòng qua điôt ổn áp. Trong khi đó dòng tải I_E thường tương đối lớn. Nếu sử dụng một tranzito ta cần chọn loại công suất lớn và có hệ số khuếch đại lớn, điều mà trên thực tế tương đối hiếm. Trong trường hợp này có thể sử dụng hai tranzito mắc theo sơ đồ Darlington như trên hình 4-21c. Sơ đồ cho phép kết hợp một tranzito công suất lớn nhưng hệ số khuếch đại nhỏ với một tranzito công suất nhỏ nhưng có hệ số khuếch đại lớn để đáp ứng yêu cầu đặt ra.



Hình 4-22. Nguồn điện một chiều dùng tranzito

4.5.8. Nguồn điện một chiều dùng tranzito

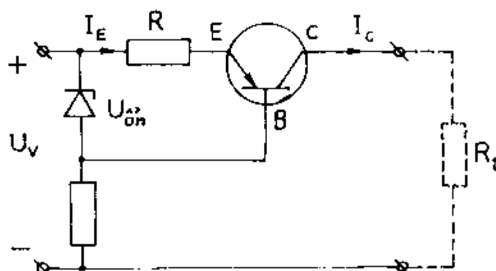
Trên hình 4-22 giới thiệu sơ đồ biến đổi dòng xoay chiều thành dòng một chiều đơn giản, có ổn áp và lọc. Nhiều thiết bị tự động hóa có nguồn cung cấp một chiều đều có ba phần chính: nắn dòng, ổn áp và lọc.

Ở đây tụ điện C_1 và C_2 đều thuộc loại tụ hóa (loại có điện cực), trong đó C_2 nhất thiết phải có điện dung cao để có tác dụng "là" phẳng sự thay đổi của dòng (1000 μF hoặc hơn).

4.5.9. Bộ nguồn ổn dòng

Trên thực tế đôi khi có nhu cầu tạo ra nguồn dòng một chiều ổn định. Sơ đồ một nguồn dòng như vậy dùng tranzito được trình bày trên hình 4-23.

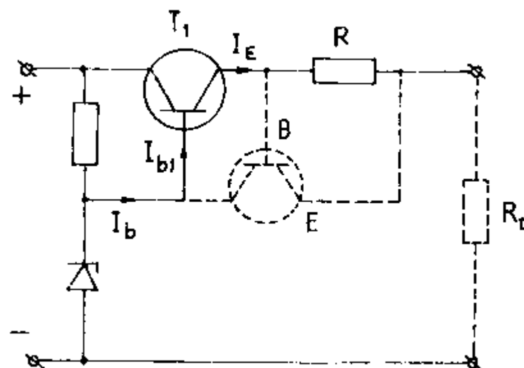
Theo sơ đồ này ta có: $U_{ổn} = U_R + U_{EB}$ do đó $U_R = I_E.R = U_{ổn} - U_{EB}$. Vì U_{EB} = const nên I_E (và cả I_C) không đổi. Nếu muốn thay đổi giá trị của I_C ta cần thay đổi R. Giá trị $I_{C\ max}$ xác định bởi U_V, $I_{E\ max}$, $R_{t\ min}$.



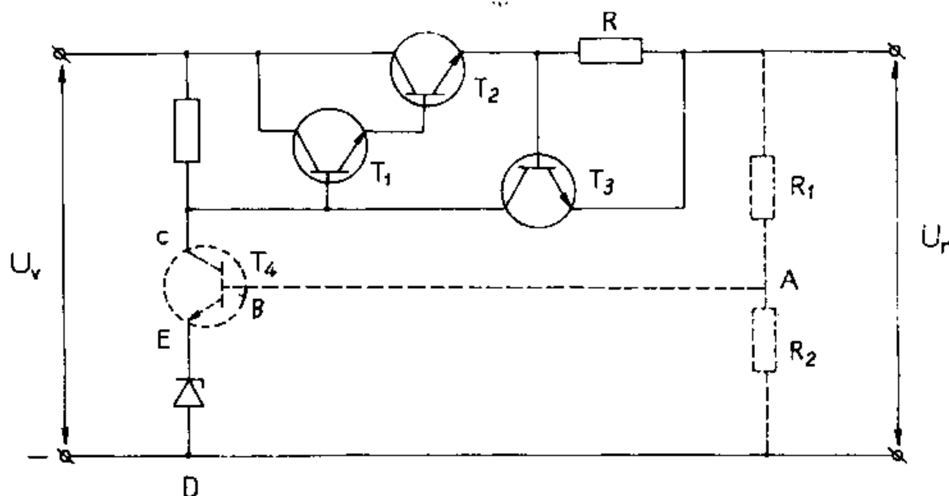
Hình 4-23. Bộ nguồn ổn dòng dùng tranzito

4.5.10. Mạch bảo vệ quá dòng dùng tranzito

Sơ đồ mạch bảo vệ quá dòng dùng tranzito trình bày trên hình 4-24. Trong điều kiện bình thường dòng I_E không lớn U_R nhỏ tranzito T_2 đóng. Giả sử vì nguyên nhân nào đó bị ngắn mạch ở phần tải, dòng I_E tăng. U_R tăng, tranzito T_2 mở. Dòng I_b tăng lên đột ngột, điôt ổn áp



Hình 4-24. Mạch bảo vệ quá dòng dùng tranzito



Hình 4-25. Bộ nguồn ổn áp có bảo vệ dùng tranzito

bị ngắn mạch, áp $U_{ổn}$ tiến đến 0, và do đó U_{Rt} cũng tiến đến 0. Và như vậy mạch tải được bảo vệ khỏi quá dòng. Ở đây cần chú ý rằng điôt ổn áp chỉ có khả năng ổn áp nếu dòng qua nó lớn hơn nhiều so với I_b. Trong trường hợp I_b tăng lên nhiều, khả năng ổn áp của điôt bị mất, áp trên nó giảm xuống, thậm chí xấp xỉ bằng 0.

4.5.10. Bộ nguồn ổn áp có bảo vệ dùng tranzito

Ở đây (hình 4-25) giới thiệu sơ đồ cải tiến so với sơ đồ trên hình 4-24. Ngoài việc sử dụng mạch đấu Darlington, sơ đồ còn có phần đo lường áp đầu ra và khuếch đại vi sai. Theo sơ đồ ta có áp chuẩn $U_{CD} = U_{ổn} + U_{CE}$. Nếu áp ở đầu ra U_r có xu hướng tăng lên, áp tại điểm A tăng lên mở tranzito T. U_{CE} giảm đi do đó áp chuẩn U_{CD} cũng giảm đi. Theo lập luận đã trình bày ở mục 4.5.7, áp ra U_r cũng phải có xu hướng giảm đi, chính vì vậy bộ nguồn có áp ra ổn định.

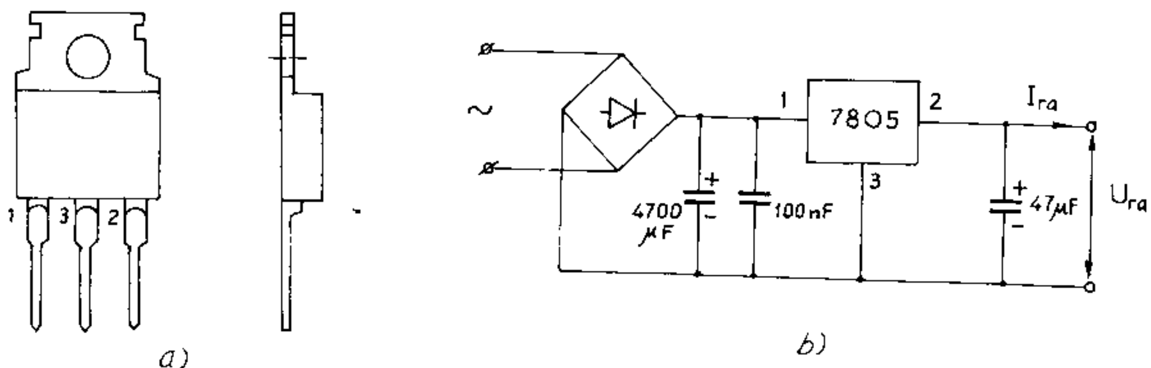
4.6. ỔN ÁP BẰNG CÁC VI MẠCH

4.6.1. Ổn áp bằng các vi mạch tích hợp 7805, 7905

Việc xây dựng nguồn ổn áp một chiều bằng tranzito có nhược điểm lớn là việc chọn các tranzito và tính toán chế độ cho chúng khá phức tạp đòi hỏi trình độ chuyên môn cao. Sự ra đời của các vi mạch ổn áp kiểu 7805, 7905 cho phép đơn giản hóa quá trình này, vì vậy hiện nay chúng được sử dụng khá rộng rãi trong thực tế. Trên hình 4-26a trình bày hình dạng bên ngoài của vi mạch 7805 *CU* và một trong các sơ đồ ổn áp dùng vi mạch 7805 *CU*.

Vi mạch 7805 thường có ba chân: chân đầu vào, chân đầu ra và chân chung (nối với đất). Có nhiều hãng khác nhau sản xuất loại vi mạch này, vì vậy hình dạng bên ngoài cũng như thứ tự các chân có thể thay đổi. Như trên hình 4-26b, vi mạch 7805 *CU* có thể cho nguồn ổn áp là 5 V ± 4% và dòng tải cực đại $I_{ra\,max} = 1$ A. Vi mạch có khả năng ổn áp rất cao, trong khoảng biến thiên của áp một chiều đầu vào $U_V = 7 \div 35$ V, áp đầu ra U_r vẫn xấp xỉ 5 V.

Trong dòng họ vi mạch tuyến tính 7800, hai chữ số sau để chỉ áp ổn định đầu ra. Trên thực tế tồn tại các loại vi mạch sau: 7805, 7806, 7808, 7810, 7812, 7814, 7815, 7818, 7824.



Hình 4-26. Ứng dụng vi mạch tích hợp ổn áp

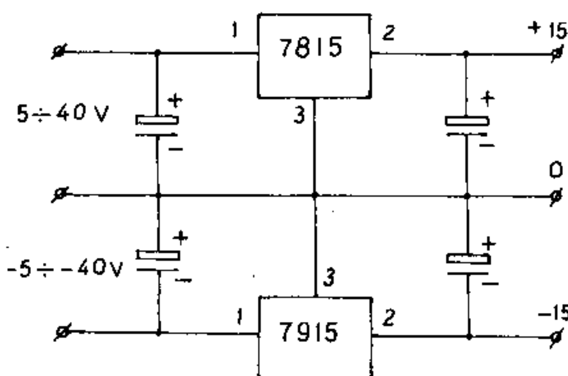
4.6.2. Nguồn ổn áp một chiều lưỡng cực

Đôi khi người ta có nhu cầu tạo ra nguồn nuôi lưỡng cực = $U_{nguồn}$ để cung cấp cho các vi mạch thí dụ như bộ khuếch đại thuật toán. Nếu dòng họ vi mạch 7800 tạo ra nguồn dương, thì dòng 7900 tạo ra nguồn âm. Trên hình 4-27 trình bày sơ đồ tạo ra nguồn bằng 15 V cho mạch khuếch đại thuật toán.

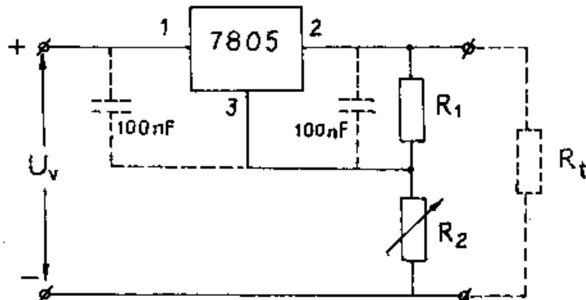
Sơ đồ rất đơn giản nhưng làm việc khá tin cậy. Ở đây đầu vào có thể lấy áp đã nắn dòng từ biến thế có điểm trung tính. Trên thực tế trong dòng vi mạch 7900 tồn tại các loại sau: 7905, 7906, 7908, 7912, 7915, 7918, 7924. Hai chữ số phía sau cũng để chỉ áp ra nhưng với dấu âm.

4.6.3 Sơ đồ tạo áp nhiều giá trị ổn định

Sơ đồ này được trình bày ở hình 4-28. Theo đặc tính của vi mạch ổn áp, áp rơi trên điện trở R_1 luôn luôn bằng áp chuẩn của vi mạch U_{dd} (ở đây áp danh định là 5 V). Nếu R_2 = 0 ta có $U_{Rt} = U_{R1} = 5$ V. Còn nếu $R_2 = R_1$ thì $U_{Rt} = 2U_{R1} = 10$ V. Các tụ điện đặt trước và sau vi mạch nhằm mục đích để cho vi mạch hoạt động ổn định (không có dao động trong mạch).



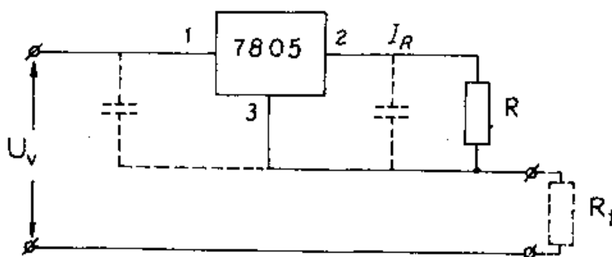
Hình 4-27. Nguồn ổn áp một chiều lưỡng cực



Hình 4-28. Sơ đồ tạo áp nhiều giá trị ổn định

4.6.4. Bộ nguồn phát dòng không đổi

Hình 4-29 trình bày sơ đồ bộ nguồn phát dòng không đổi. Áp rơi trên điện trở R luôn luôn bằng áp danh định của vi mạch ổn áp U_{dd}. Vì dòng qua chân (3) của vi mạch thường nhỏ nên dòng qua điện trở tải I_{Rt} thường xấp xỉ dòng ở lối ra của vi mạch I_R. Như vậy nếu R = const thì I_{Rt} = const với điều kiện $R_t << R_{t\,max}$.



Hình 4-29. Bộ nguồn phát dòng không đổi

4.7. CÁC PHẦN TỬ KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN (*KTT*)

4.7.1. Khái niệm chung

Các phần tử *KTT* trước hết để chỉ các bộ khuếch đại có hệ số khuếch đại rất cao, làm việc ở dải tần liên tục đến tần số không.

Trước đây các phần tử *KTT* được chế tạo từ các linh kiện đơn lẻ lắp theo sơ đồ. Ngày nay để chế tạo chúng người ta sử dụng công nghệ tích hợp. Các bộ *KTT* được chế tạo dưới dạng mạch tích hợp cỡ nhỏ (để phân biệt với mạch tích hợp lớn và cực lớn). Mạch này chỉ cần bổ sung thêm một số linh kiện điều chỉnh bên ngoài. Mạch tích hợp gồm một số lượng lớn các phần tử bán dẫn nằm trong một mảng tinh thể silic nhỏ cho phép đơn giản hóa việc sử dụng và nâng cao độ tin cậy của mạch. Ngoài ra mạch tích hợp còn cho phép giảm kích thước khối lượng và giá thành thiết bị. Nhược điểm chính của mạch tích hợp là không được phép thay đổi cấu trúc bên trong của nó. Nếu chỉ một phần tử của mạch bị sai hỏng thì toàn bộ mạch sẽ không còn tác dụng.

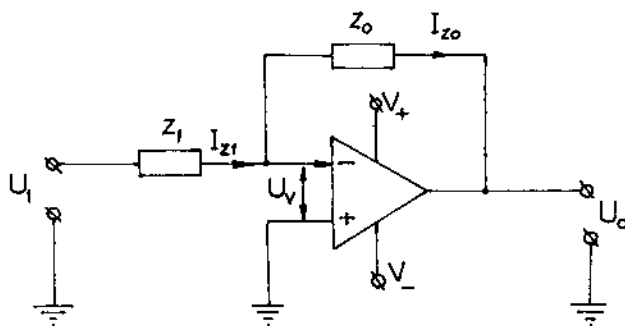
Các phần tử *KTT* cần phải thỏa mãn các đòi hỏi sau:

- Có hệ số khuếch đại lớn, không nhỏ hơn 10^4;
- Có mức trôi "điểm không" bé;
- Có dải thông tần rộng;
- Có tổng trở vào lớn và tổng trở ra bé.

Để hiểu hoạt động của các phần tử *KTT* ta xét sơ đồ trên hình 4-30.

Trên hình vẽ ta thấy bộ *KTT* có hai đầu vào, một đầu ra và các chân để đấu với nguồn dương và nguồn âm. Nếu điện áp đầu vào đảo dương hơn thì điện áp đầu ra âm hơn. Chính vì vậy đầu vào này được gọi là đầu vào đảo và được đánh dấu (-) còn nếu điện áp đầu vào không đảo dương hơn thì điện áp đầu ra cũng dương hơn.

Khi không có mạch phản hồi, hệ số khuếch đại của bộ *KTT* thường cao hơn 10^4, do đó áp đầu ra thường thay đổi rất lớn ngay cả trong điều kiện bình thường của các áp đầu vào, nhất là khi thay đổi kiểu của bộ *KTT*, tín hiệu áp ra càng không thể xác định. Để khắc phục hiện tượng này, hầu như người ta chỉ sử dụng bộ *KTT* trong các sơ đồ có hồi tiếp âm (điện trở Z_0 trên hình 4-30). Hồi tiếp này làm giảm hệ số khuếch đại song khi đó hệ số khuếch đại sẽ ổn định và chỉ phụ thuộc vào giá trị của hai điện trở Z_1 và Z_0 ở bên ngoài, nên những thay đổi của các tham số của bản thân bộ *KTT* thực tế không ảnh hưởng đến đặc tính của thiết bị.



Hình 4-30. Sơ đồ mạch KTT điển hình

Vì hệ số khuếch đại *K* của bộ *KTT* lớn nên để khỏi bão hòa, U_V thường xấp xỉ bằng 0.

Mặt khác tổng trở vào của bộ *KTT* rất lớn nên dòng chạy qua Z_1 sẽ xấp xỉ dòng chạy qua Z_o. Như vậy:

$$I_{Z1} = \frac{U_1}{Z_1} \approx - \frac{U_o}{Z_o} = I_{Zo} \qquad (4\text{-}3)$$

nghĩa là:

$$U_o = \frac{Z_o}{Z_1}.U_1 \qquad (4\text{-}4)$$

Z_o và Z_1 có thể có đặc tính trở thuần tác dụng hoặc dung kháng, tùy theo đặc tính đó ta có thể tạo ra các phần tử khuếch đại thuần túy (nhân với một hằng) hoặc phần tử tích phân hay vi phân.

4.7.2. Các phép tính thực hiện trên các phần tử *KTT*

Phép nhân với một hằng:

Nếu $Z_1 = R_1$ và $Z_o = R_o$ (hình 4-31a) thì:

$$U_o = - \frac{R_o}{R_1} . U_1 = -k.U_1 \qquad (4\text{-}5)$$

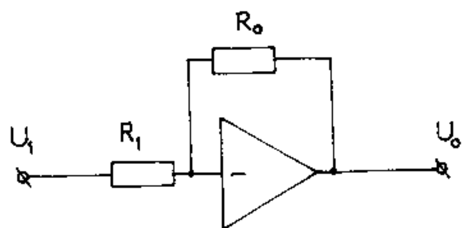
Phép tích phân:

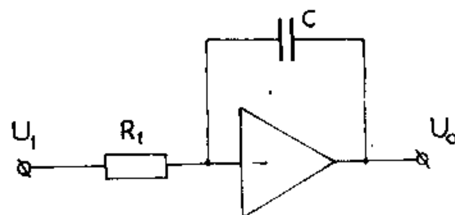
Nếu $Z_1 = R_1$ và $Z_o = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{p.C}$ (hình 4-31b) thì:

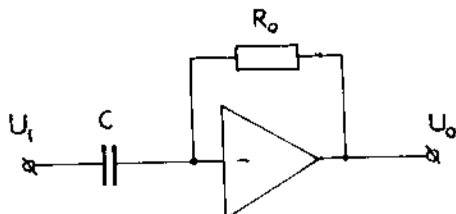
$$\frac{U_o}{U_1} = - \frac{1}{RC.P}$$

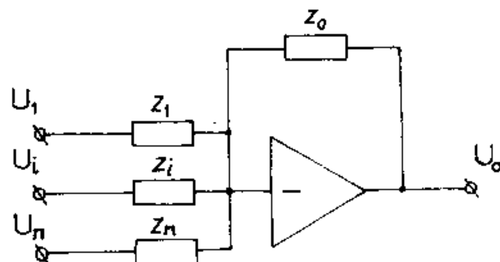
hay:

$$U_o(t) = - \frac{1}{RC} \int_0^t U_1(t)dt \qquad (4\text{-}6)$$









Hình 4-31. Dùng KTT để thực hiện các phép tính

Phép vi phân:

Nếu $Z_1 = C$ và $Z_o = R$ (hình 4-31c) thì:

$$U_o(t) = -RC.\frac{dU_1(t)}{dt} \tag{4-7}$$

Phép cộng:

Nếu đầu vào của *KTT* nối với nhiều áp khác nhau qua các điện trở $Z_1, Z_2, \ldots, Z_n$ (hình 4-31d) thì tương tự như (4-4), ta có:

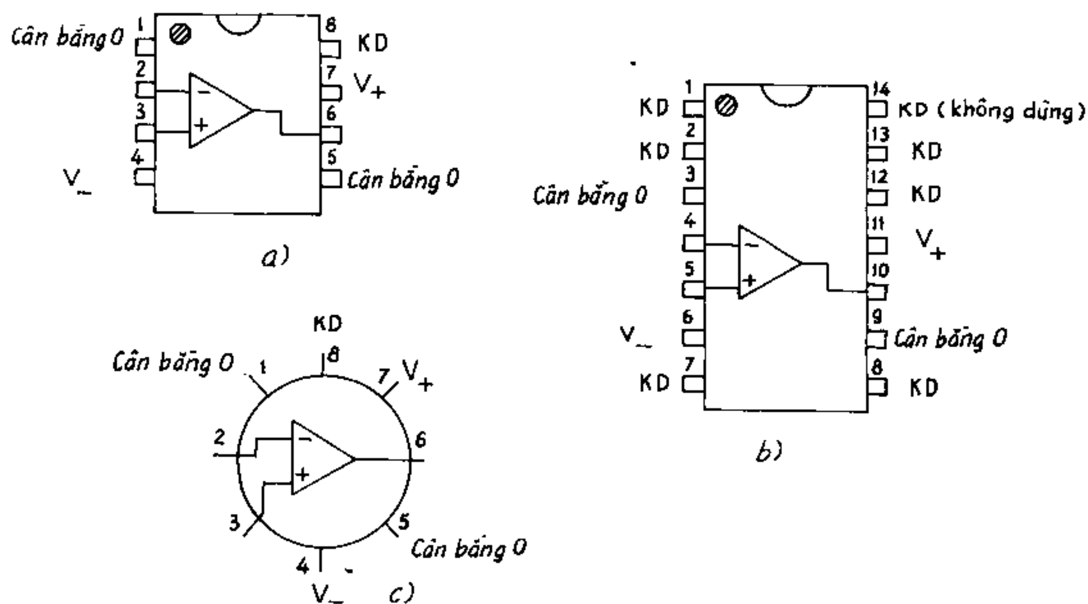
$$U_o = -Z_o\sum_{i=1}^{n}\frac{U_i}{Z_i} \tag{4-8}$$

4.7.3. Các bộ *KTT* trên thực tế

Bộ khuếch đại thuật toán tiêu biểu nhất là bộ 741, do nhiều hãng khác nhau chế tạo nên chúng có nhiều dạng vỏ bọc khác nhau.

Trên hình 4-32a trình bày loại vỏ bọc hai hàng 8 chân, trên hình 4-32b là loại hai hàng 14 chân, trên hình 4-32c là loại vỏ bọc kim loại hình trụ kiểu *TO*-5 của vi mạch khuếch đại thuật toán 741. Người ta cho rằng kiểu vỏ bọc như trên hình 4-32a là thuận tiện hơn cả và chúng được sử dụng rộng rãi.

Ở vi mạch 741 có tính đến khả năng cân bằng điểm 0. Khi điện áp vào của *KTT* bằng 0, điện áp ra có thể lệch khỏi điểm 0.



Hình 4-32. Hình dáng bên ngoài của vi mạch 741

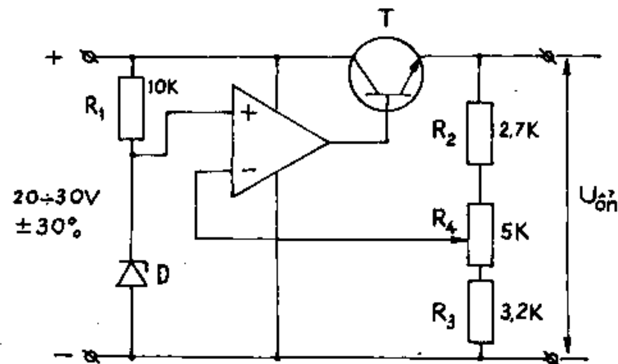
Nguyên nhân có thể là sai số do chế tạo, hoặc có sự trôi điểm 0 do nhiệt độ. Để đưa điện áp ra trở về 0, người ta tinh chỉnh chiết áp nối với hai chân cân bằng điểm 0 của vi mạch. Trong sơ đồ có hồi tiếp âm, sự trôi "điểm không" có thể được làm giảm đến mức tối thiểu.

Điện áp nguồn của vi mạch vào khoảng ± 9 V hoặc ± 12 V, không nên quá ± 15 V.

Hiện nay vi mạch 741 được sử dụng rất rộng rãi trong các mạch tuyến tính. Chúng được nghiên cứu chế tạo từ năm 1968. Trước đó người ta đã sản xuất loại vi mạch 702 (1965), 709 (1966). Vi mạch μA 709 khác với vi mạch 741 ở chỗ chúng không có cân bằng điểm không nhưng lại có chân để điều chỉnh dải tần đầu ra. Ngoài các loại vi mạch trên hiện nay trên thực tế người ta còn sử dụng nhiều loại *KTT* khác như 747 (chứa hai *KTT*), 1458, *LM* 348 (chứa hai *KTT*), chức năng tương tự như loại 741. Sơ đồ các chân đầu ra của chúng tương tự như trên hình 4-32, tức là gồm các loại hai hàng 8 chân, hai hàng 14 chân, v.v...

4.7.4. Bộ ổn áp dùng *KTT*

Để có được các bộ ổn áp dùng *KTT*, người ta đã sản xuất những vi mạch tích hợp chuyên dụng (xem mục 4.5), nhưng với mục đích này, hoàn toàn có thể sử dụng bộ *KTT* như trên hình 4-33.

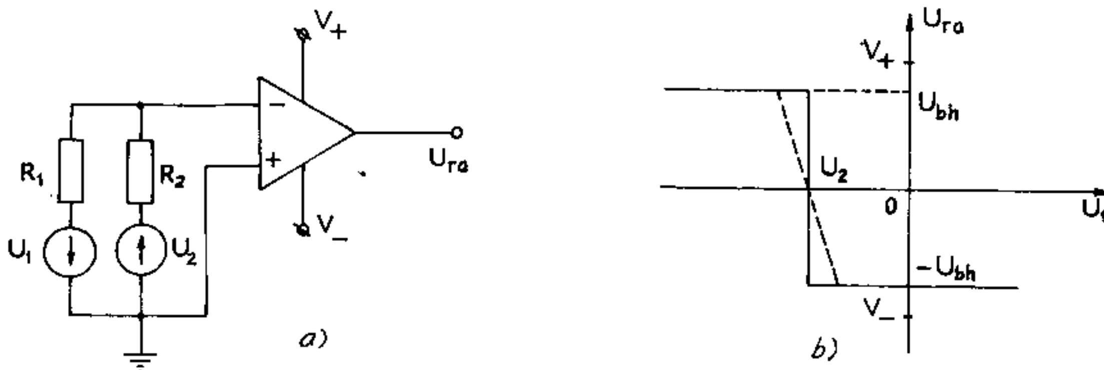


Hình 4-33.

Điện áp ngưỡng cho bộ *KTT* được tạo bởi điốt ổn áp *D*. Nếu vào thời điểm nào đó điện áp tại đầu vào đảo giảm và thấp hơn điện áp ngưỡng thì điện áp ra của bộ *KTT* tăng lên và tranzito *T* mở nhiều hơn, dẫn đến tăng điện áp ra của bộ ổn áp cho đến khi điện áp lấy ra từ con chạy của điện trở R_4 bằng điện áp ngưỡng. Giá trị cực đại của dòng ra của bộ ổn áp được xác định bởi kiểu của tranzito *T*.

4.7.5. Sơ đồ so sánh dùng *KTT* (comparatơ) [1]

Để so sánh hai tín hiệu có thể dùng sơ đồ *KTT* nối ở chế độ comparatơ. Để đảm bảo việc so sánh chính xác, sơ đồ cần phải rất nhạy do đó mạch phản hồi thường không có.

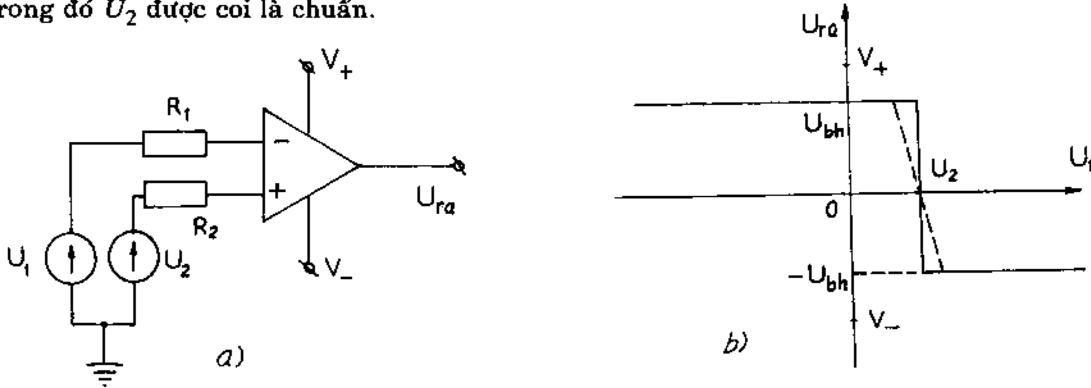


Hình 4-34. Sơ đồ comparatơ một lối vào

Có hai loại comparatơ.

1. Coparatơ một lối vào (hình 4-34). Khi điện áp U_1 vượt điện áp U_2 (có dấu ngược với U_1) là điện áp chuẩn một giá trị, dù rất bé nhưng do *KTT* không có phản hồi, có hệ số khuếch rất lớn nên nó chuyển ngay sang trạng thái bão hòa (hình 4-34b). Như vậy comparatơ một lối vào so sánh hai tín hiệu trái dấu nhau và phát tín hiệu khi hai đại lượng tuyệt đối của chúng bằng nhau.

2. Comparatơ hai lối vào (hình 4-35). Dùng để so sánh hai điện áp cùng dấu U_1 và U_2 trong đó U_2 được coi là chuẩn.

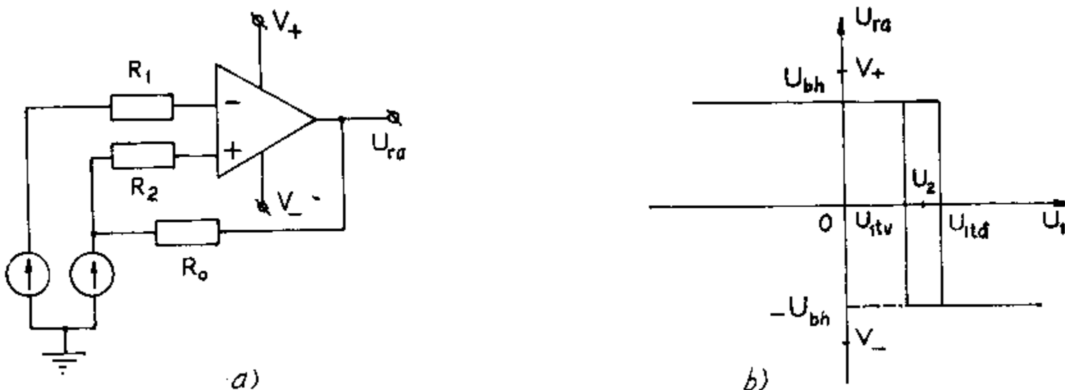


Hình 4-35. Sơ đồ comparatơ hai lối vào

Trong các đặc tính truyền đạt (hình 4-35a và 4-35b) việc chuyển trạng thái là tức thời đối với *KTT* lý tưởng ($K = \infty$) và thể hiện trên hình vẽ bằng nét liền. Đoạn nghiêng bằng nét đứt của đặc tính là ứng với *KTT* thực.

Sơ đồ comparatơ nói trên có nhược điểm là nếu ở thời điểm khởi động mà độ lệch của tín hiệu vào không tiếp tục thay đổi thì có thể làm cho điện áp U ra ở trạng thái không xác định, nghĩa là nằm trong khoảng ($-U_{bh} + U_{bh}$). Điều đó dẫn đến sự làm việc không rõ ràng của các phần tử tiếp theo.

Để đảm bảo cho comparatơ làm việc, rõ ràng có thể dùng sơ đồ có phản hồi dương (hình 4-36a), bằng cách nối đầu ra của *KTT* với đầu vào không đảo qua điện trở R_0. Hệ số phản hồi tạo ra phải lớn hơn 1. Khi đó R_0 và R_2 phải thỏa mãn bất đẳng thức:



Hình 4-36. Sơ đồ comparatơ hai lối vào có phản hồi dương

$$\frac{R_2 + R_0}{R_1} < K_{omin} \qquad (4\text{-}9)$$

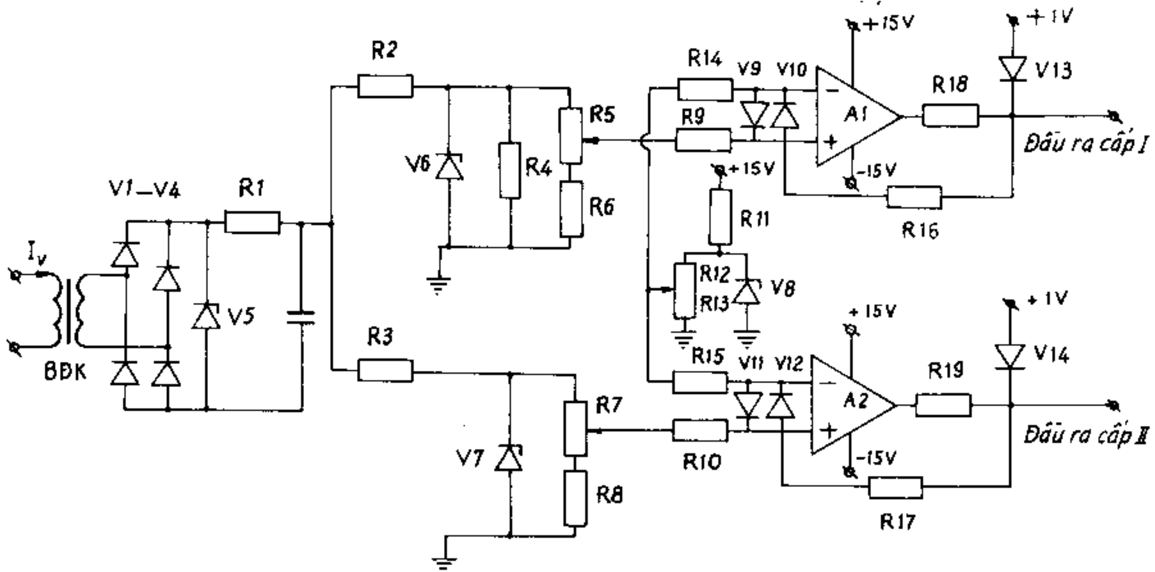
trong đó $K_{o\,min}$ - hệ số khuếch đại nhỏ nhất của *KTT* khi không có phản hồi.

Đặc tính của comparatơ với phản hồi dương có dạng vòng trễ do sự có mặt của hai giá trị điện áp U_{1d} - ứng với trạng thái khởi động của comparatơ và U_{1tv} - ứng với trạng thái trở về của comparatơ.

4.7.6. Rơle quá dòng dùng *KTT*

Khác với các loại rơle điện cơ, rơle dùng *KTT* so sánh các tín hiệu điện bằng cách sử dụng các comparatơ (xem Chương 6, mục 6.8), còn các phần khác rơle dùng *KTT* gần tương tự như các loại rơle khác. Sau đây xét loại rơle làm việc theo giá trị trung bình của dòng dùng *KTT*.

Trên hình 4-37 trình bày sơ đồ cơ cấu đo lường của một bảo vệ dòng cực đại có hai cấp. Bộ phận so sánh của mỗi cấp là một comparatơ hai đầu vào có phản hồi dương. Tín hiệu ra của comparatơ thay đổi nhảy vọt khi điện áp vào lấy từ biến trở R_5 (R_7) lớn hơn hoặc bé hơn điện áp khởi động, xác định bởi điện áp ổn định của ổn áp V_8.



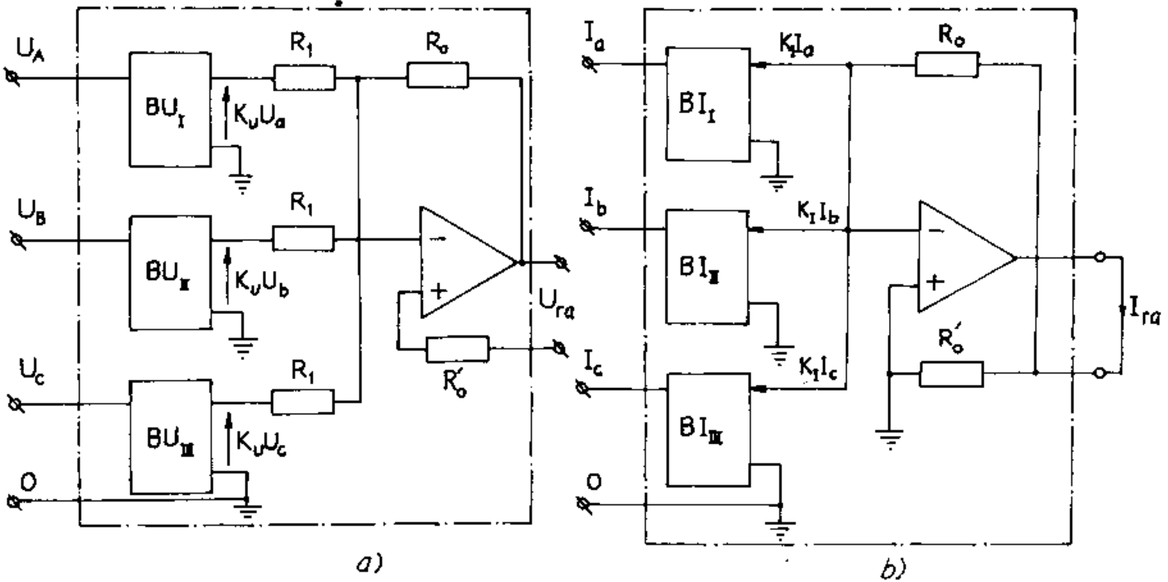
Hình 4-37. Sơ đồ rơle quá dòng dùng KTT.

Dòng vào của bộ phận so sánh là một phần của áp đã chỉnh lưu và lọc từ cuộn thứ cấp máy biến điện kháng *BĐK*. Vì có hai cấp khởi động nên một yêu cầu đặt ra là khi điều chỉnh ở cấp này không làm ảnh hưởng đến cấp kia. Ở đây để bảo đảm được điều đó có dùng các điện trở R_5, R_6, R_7, R_8. Dòng trong các điện trở R_5, R_6, (R_7, R_8) lớn hơn dòng đầu của comparatơ nhiều lần, vì thế khi điều chỉnh các biến trở R_5 (R_7), dòng vào *KTT* thay đổi nhưng thực tế không gây ra tác động nào đối với đầu vào của mạch kia. Điện áp động của bộ phận so sánh chọn giống nhau và lấy ra từ áp ổn định qua mạch phân áp R_{12}, R_{13} và qua các điện trở R_{14}, R_{15} được đưa vào đầu vào không đảo của khuếch đại thuật toán A_1 và A_2. Để cho hệ số trở về của hai cấp gần bằng nhau chọn R_2, R_3 bằng nhau ($R_2 >> R_5 + R_6$;

$R_3 >> R_7 + R_8$). Vì dòng khởi động của hai cấp khác nhau nên cần có dòng vào khác nhau. Chính vì vậy trong mạch R_5, R_6 có mắc song song điện trở shunt R_4, trong khi mạch R_7, R_8 không có điện trở shunt.

4.7.7. Các bộ lọc "thứ tự không" dùng *KTT*

Bởi vì dòng và áp thứ tự không tương ứng bằng tổng các dòng và áp ba pha nên các bộ lọc áp và dòng "thứ tự không" dùng *KTT* sử dụng các biến áp và biến dòng đo lường trung gian *BU* và *BI* (hình 4-38a,b) sẽ được thực hiện bằng cách sử dụng những hồi tiếp âm theo áp hoặc dòng. Khi đó sẽ thỏa mãn biểu thức (3-1) hoặc (3-2) đối với thành phần thứ tự không. Phép cộng áp hay dòng được thực hiện trên các *KTT* như trên hình 4-38. Sơ đồ tương đối đơn giản, song trong bộ lọc dòng tải không được nối trực tiếp với đất nên không phải lúc nào cũng chấp nhận được.



Hình 4-38. Các bộ lọc TTK dùng KTT

4.7.8. Bộ lọc thứ tự nghịch và thứ tự thuận dùng *KTT*

Trong các biểu thức (3-1) và (3-2) ta đã sử dụng toán tử pha:

$$a = e^{j2\pi/3} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \tag{4 - 10}$$

Nếu thay giá trị toán tử pha (4 - 10) vào hệ biểu thức (3 - 2), ta có:

$$\begin{aligned} 3I_{A1}(t) &= I_a(t) - \left(\frac{1}{2} - p\frac{\sqrt{3}}{2\omega}\right)I_B(t) - \left(\frac{1}{2} + p\frac{\sqrt{3}}{2\omega}\right)I_C(t) \\ 3I_{A2}(t) &= I_A(t) - \left(\frac{1}{2} + p\frac{\sqrt{3}}{2\omega}\right)I_B(t) - \left(\frac{1}{2} - p\frac{\sqrt{3}}{2\omega}\right)I_C(t) \end{aligned} \tag{4-11}$$

trong đó:

$p = j\omega = d/dt$ - toán tử vi phân;

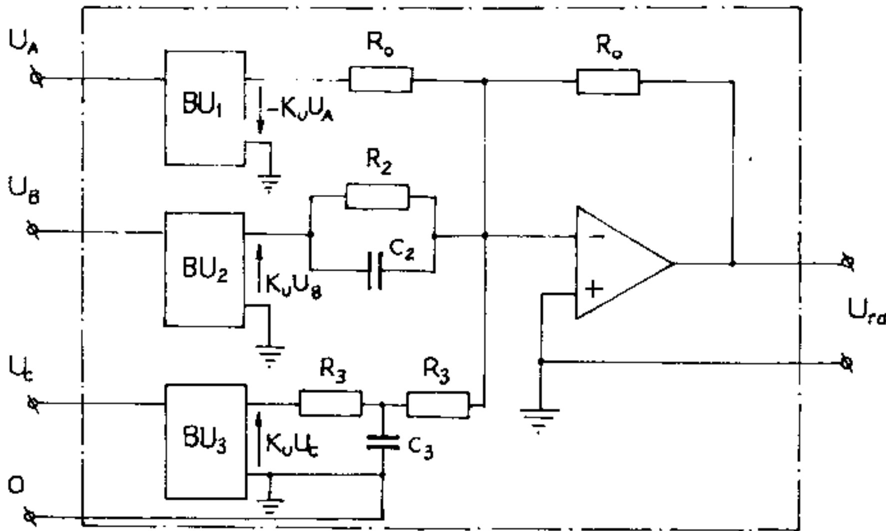
ω - tần số góc.

Tương tự:

$$3U_{A1}(t) = U_A(t) - (\frac{1}{2} - p\frac{\sqrt{3}}{2\omega})U_B(t) - (\frac{1}{2} + p\frac{\sqrt{3}}{2\omega}U_C(t)$$

$$3U_{A2}(t) = U_A(t) - (\frac{1}{2} + p\frac{\sqrt{3}}{2\omega})U_B(t) - (\frac{1}{2} - p\frac{\sqrt{3}}{2\omega})U_C(t) \qquad (4\text{-}12)$$

Để thực hiện các biểu thức trên bằng các *KTT*, ta sử dụng sơ đồ cộng như trên hình 4-31d, trên đó Z_o có thể là trở thuần tác dụng. Các hệ số phức đứng trước $U_B(I_b)$ và $U_C(I_c)$ được thể hiện bằng các mạch lọc thụ động kiểu *R - C*. Trên hình 4-39 trình bày sơ đồ bộ lọc áp thứ tự nghịch dùng *KTT*. Chú ý là ở đầu vào thứ nhất U_R qua *BU1*, tín hiệu được đưa trái dấu với các biến áp khác.



Hình 4-39. Sơ đồ bộ lọc TTN dùng KTT

4.8. ỨNG DỤNG CỦA THYRISTOR TRONG CÁC THIẾT BỊ TỰ ĐỘNG HÓA [7]

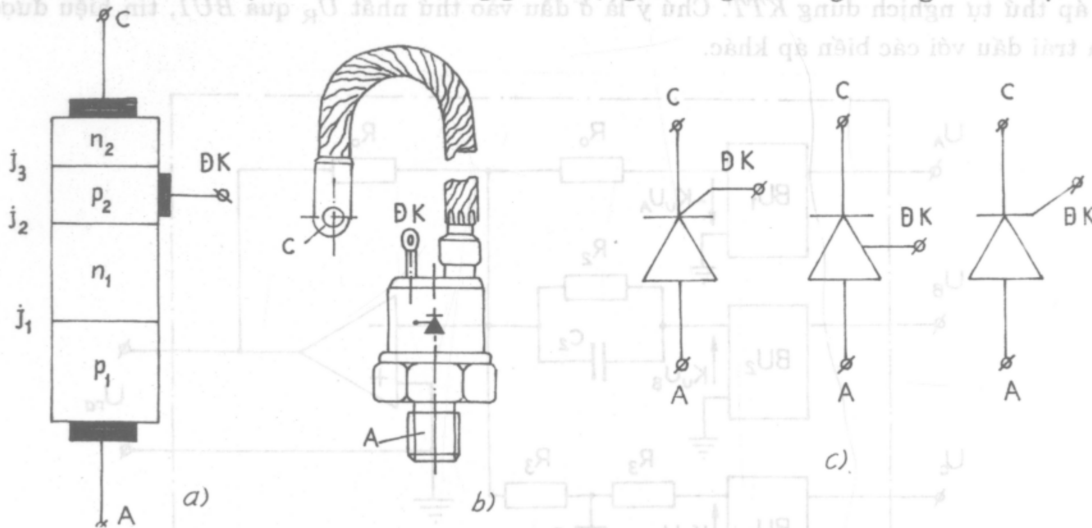
Cho đến nay trong cuốn sách này đã đề cập đến việc sử dụng các linh kiện bán dẫn trong các thiết bị tự động hóa. Ưu điểm của các thiết bị sử dụng linh kiện bán dẫn so với các loại cơ cấu điện cơ là rõ ràng và đã được đề cập nhiều ở các phần trên. Tuy nhiên có một điểm cần lưu ý là trong các cơ cấu chấp hành công suất lớn, phần tử điện cơ vẫn tỏ ra có ưu thế hơn so với phần tử bán dẫn trong một thời gian dài, nguyên nhân là do phần tử điện cơ có độ tin cậy cao hơn. Với sự phát triển của khoa học kỹ thuật người ta đã chế tạo được các phần tử bán dẫn công suất lớn có khả năng thực hiện các thao tác điều khiển với độ tin cậy cao. Đây là bước tiến lớn của kỹ thuật vì khi ghép nối được các phần tử bán dẫn ở bộ tạo tín hiệu điều khiển với cơ cấu chấp hành công suất cao, các ưu điểm của thiết bị bán dẫn mới được phát huy toàn bộ.

Cho đến giai đoạn hiện nay, một trong những phần tử bán dẫn công suất cao được ứng dụng rộng rãi nhất trong các cơ cấu chấp hành trong ngành điện lực là thyristor.

4.8.1. Cấu tạo của thyristor

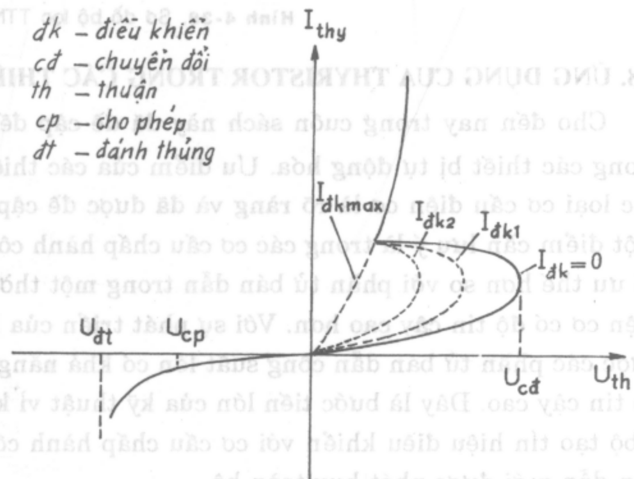
Thyristor là loại van bán dẫn có điều khiển. Nó bao gồm bốn lớp bán dẫn silic đặt xen kẽ nhau p_1 - n_1 - p_2 - n_2. Lớp p_1 gắn với một điện cực tạo thành anốt A (cực dương), lớp n_2 gắn với điện cực thứ hai tạo thành catôt C, lớp p_2 gắn với cực thứ ba - cực điều khiển (*ĐK*) (hình 4-40a). Toàn bộ cấu trúc trên được lắp đặt trong vỏ bằng thủy tinh, kim loại hoặc bằng sứ thành một khối rắn chắc. Đế của nó có dạng cầu, đó chính là anốt của van. Catốt làm bằng bó dây đồng mềm có đầu cốt, còn cực điều khiển được đưa về phía catốt như trên hình 4-40b. Các ký hiệu của thyristor được trình bày trên hình 4-40c.

Khác với điôt, thyristor có khả năng giữ ở trạng thái ngắt không những cả khi đặt điện



Hình 4-40. Cấu tạo và ký hiệu của thyristor

áp ngược mà ngay cả khi đặt điện áp thuận lên nó. Có được như vậy là nhờ sự phối hợp phân cực giữa ba mặt tiếp giáp bán dẫn J_1 - J_2 - J_3. Khi không có áp điều khiển, dù cực áp thuận, nghịch như thế nào đặt lên A và C, luôn luôn tồn tại một mặt tiếp giáp có phân cực ngược, do đó điện trở của thyristor rất cao, nó ở trạng thái ngắt. Chỉ khi cho điện áp dương lên A, âm lên C và điện áp điều khiển lên *ĐK* các phân cực mới trở nên thuận và cả ba mặt tiếp giáp đều có điện trở thấp, thyristor trở nên dẫn điện.



Hình 4-41. Đặc tuyến vôn-ampe của thyristor
Đk - điều khiển; Cđ - chuyển đổi; Th - thuận;
Cp - cho phép; Đt - đánh thủng

Đặc tính vôn - ampe của

thyristor được giới thiệu trên hình 4-41.

Nói chung đặc tính của nó tương tự như của điôt, nhất là khi có điện áp điều khiển U_{Dkmax} đặt vào cực *ĐK*. Khi áp U_{Dk} nhỏ dần, khả năng thông mạch của áp thuận U_{Th} giảm đi, khi đó phải tăng áp thuận U_{Th} thì thyristor mới dẫn điện. Khi thyristor thông mạch, điện trở của nó theo chiều thuận đột ngột giảm, khi đó U_{Th} cần phải giảm đi để dòng điện thuận qua thyristor khỏi lớn quá.

4.8.2. Các phương pháp mở thông và ngắt mạch thyristor

1. Thyristor có thể chuyển từ trạng thái ngắt sang trạng thái mở thông bằng bốn phương pháp sau:

- *Mở thông bằng điện áp thuận đủ lớn:* điện áp U_{Th} đặt vào thyristor theo chiều thuận, còn cực điều khiển để hở, khi tăng điện áp U_{Th} đến điện áp chuyển đổi trạng thái U_{Cd} thì thyristor trở nên thông. Phương pháp này không được ứng dụng để mở thông thyristor vì U_{Cd} thường vượt quá điện áp ngược cho phép U_{Cp} của thyristor khoảng 2 lần (hình 4-41). Nếu U_{Th} đảo dấu (như trong trường hợp điện áp hình sin) thyristor có thể bị cháy hỏng.

- *Mở thông bằng dòng điều khiển:* cũng như trong trường hợp trên nếu ta đóng thêm nguồn E_{Dk} vào cực điều khiển với cực tính thuận thì thyristor sẽ mở ngay cả áp U_{Th} thấp. Nếu tăng E_{Dk} sao cho dòng điều khiển I_{Dk} đến I_{Dkmax} (cỡ vài chục mA) thyristor có thể mở thông khi U_{Th} = 1 V. Lúc đó đặc tính vôn - ampe của thyristor giống như điôt bán dẫn. Phương pháp này được sử dụng rộng rãi.

- Thyristor còn có thể *mở thông khi tốc độ tăng điện áp thuận dU_{th}/dt đủ lớn.*

- Gần đây phát triển mạnh phương pháp *mở thông thyristor bằng ánh sáng*. Loại thyristor tương ứng gọi là phôtôthyristor.

2. Có thể làm cho thyristor từ trạng thái thông sang trạng thái ngắt bằng hai phương pháp.

- *Giảm dòng điện anôt:* khi giảm dòng điện anôt một cách từ từ đến giá trị giới hạn I_{dt} thì mặt tiếp giáp J_2 với điều kiện phân cực ngược sẽ khôi phục tính chất khóa. Thyristor sẽ bị ngắt. Dòng điện giới hạn đã nêu còn gọi là dòng duy trì I_{dt}. Như vậy dòng duy trì là dòng nhỏ nhất mà thyristor vẫn còn giữ được trạng thái thông khi không có dòng điều khiển. Trên thực tế I_{dt} rất nhỏ, nhưng phương pháp ngắt dòng này hình thành một cách tự nhiên hơn của thyristor vào điện áp xoay chiều. Đó là nguyên lý chuyển mạch nhờ lưới điện. Thyristor sẽ tự ngắt khi dòng chạy qua anôt giảm về không.

- *Ngắt dòng điện áp ngược:* thyristor có thể chuyển từ trạng thái thông sang trạng thái ngắt, khi thay đổi cực tính điện áp anôt từ thuận sang ngược. Cần nhớ rằng khi van ở trạng thái thông, các lớp bán dẫn mất trung hòa về điện: trong lớp *p* có những điện tử từ lớp *n* chạy sang và trong lớp *n* có những lỗ hổng từ lớp *p* chạy sang, đó là những điện tích dư. Khi có điện áp ngược đặt lên anôt thì phải mất một thời gian mật độ các điện tích này mới trở về 0. Khi đó tính ngắt của thyristor mới được khôi phục hoàn toàn, nghĩa là nếu điện áp trên nó có cực tính thuận thì thyristor vẫn giữ được trạng thái ngắt.

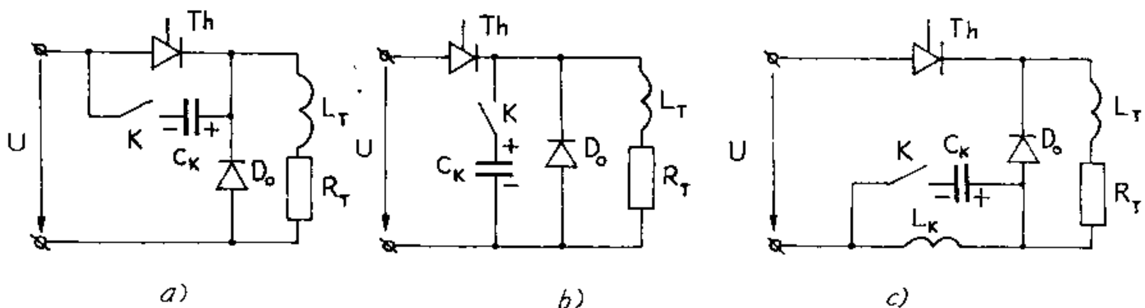
Phương pháp ngắt này dùng trong các mạch có điện áp một chiều đặt lên thyristor. Điện áp ngược dùng để ngắt có thể được tạo ra bằng cách tích nạp trên tụ hoặc lấy từ một

nguồn riêng và được duy trì trên thyristor cho đến khi nó phục hồi khả năng ngắt hoàn toàn. Đó là nguyên lý chuyển mạch cưỡng bức.

Ngoài hai phương pháp ngắt trên, có một số thyristor đặc biệt, công suất nhỏ có thể ngắt nhờ cực điều khiển khi đặt lên cực này một điện áp âm.

4.8.3. Nguyên lý chuyển mạch dòng một chiều dùng thyristor

Như ta đã biết, dùng thyristor để ngắt mạch trong các sơ đồ điện dòng xoay chiều tương đối thuận lợi nhờ nguyên lý chuyển mạch bằng lưới điện vì có thời điểm dòng điện tự động chuyển về không. Đối với dòng một chiều để tạo ra điện áp ngược khóa thyristor, người ta dùng tụ điện, gọi là tụ chuyển mạch, khâu chuyển mạch chứa tụ này thường khá phức tạp vì đòi hỏi tính toán tỉ mỉ. Thường có ba cách mắc với tụ chuyển mạch như trên hình 4- 42.



Hình 4-42. Các sơ đồ chuyển mạch một chiều dùng thyristor

Trên hình vẽ cực tính của tụ điện C_k được đánh dấu cho trường hợp chuẩn bị khóa thyristor *Th*. Việc chuyển mạch dựa theo cách nối tụ như ở hình 4- 42a gọi là chuyển mạch gián tiếp. Sau khi tiếp điểm *K* đóng, điện áp U_c trên tụ sẽ được đặt vào thyristor theo hướng ngược, thyristor *Th* ngừng dẫn. Dòng điện tải sẽ chuyển sang mạch có tiếp điểm *K* và tụ C_k, do đó tụ C_k được nạp điện theo cực tính ngược lại. Khi điện áp trên tụ đạt đến giá trị *U* thì dòng điện trong nhánh tụ sẽ bằng 0, dòng điện tải sẽ chuyển sang nhánh có điôt D_0. Muốn cho quá trình đóng cắt tiếp tục thì tụ C_k phải được nạp điện lại với cực tính như lúc đầu. Việc nạp điện cho tụ C_k có mạch khác không vẽ ra ở đây.

Ở hình 4- 42b tụ C_k được nối song song với tải. Điều kiện để mạch làm việc tốt là sau khi đóng tiếp điểm *K*, điện áp trên tụ C_k phải lớn hơn điện áp *U* của nguồn. Lúc đầu dòng điện tải từ mạch chính sẽ đổi chiều sang nhánh có tụ C_k và tiếp điểm *K*. Khi điện áp trên tụ bằng 0, nghĩa là tụ đã phóng hết thì dòng điện tải được chuyển sang nhánh có điôt D_0.

Ở hình 4- 42c sau khi đóng tiếp điểm *K*, tụ C_k sẽ được nối tiếp với nguồn và tải. Ở đây dòng điện tải không chạy qua mạch tụ mà chuyển trực tiếp từ mạch chính sang mạch có điôt D_0. Điều kiện làm việc của mạch là điện áp ban đầu trên tụ C_k phải lớn hơn điện áp *U* của nguồn.

4.8.4. Ví dụ về sơ đồ chuyển mạch một chiều công suất lớn dùng thyristor

Trên hình 4- 43 giới thiệu sơ đồ chuyển mạch công suất lớn dùng thyristor.

Trên sơ đồ này Th_1 - thyristor công suất có chức năng ngắt mạch dòng một chiều cung

cấp cho tải vào thời điểm cần thiết. Tải có thể là trở thuần tác dụng, trong trường hợp phức tạp hơn có thể có tính cảm kháng (cuộn dây L_t) như đối với các động cơ. Th_2 - thyristor điều khiển quá trình nạp điện cho tụ điện C theo quy trình cho trước. Cuộn dây L nhằm tạo áp tự cảm. PX_1 và PX_2 là hai mạch phát xung điều khiển hai thyristor. D_2 - điôt bảo vệ khỏi dòng tự cảm.

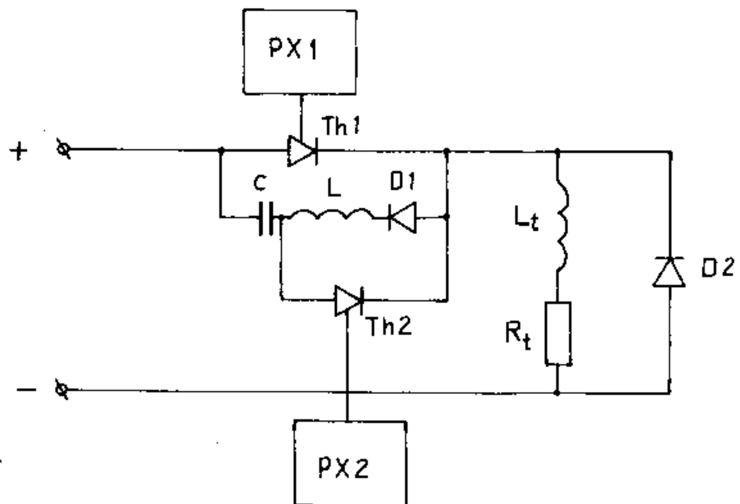
Nguyên lý làm việc của sơ đồ được trình bày trên hình 4-44.

a. Khi thyristor Th_1 không có xung điều khiển, không có dòng chạy qua nó. Tụ điện C được nạp điện như trên hình 4-44a.

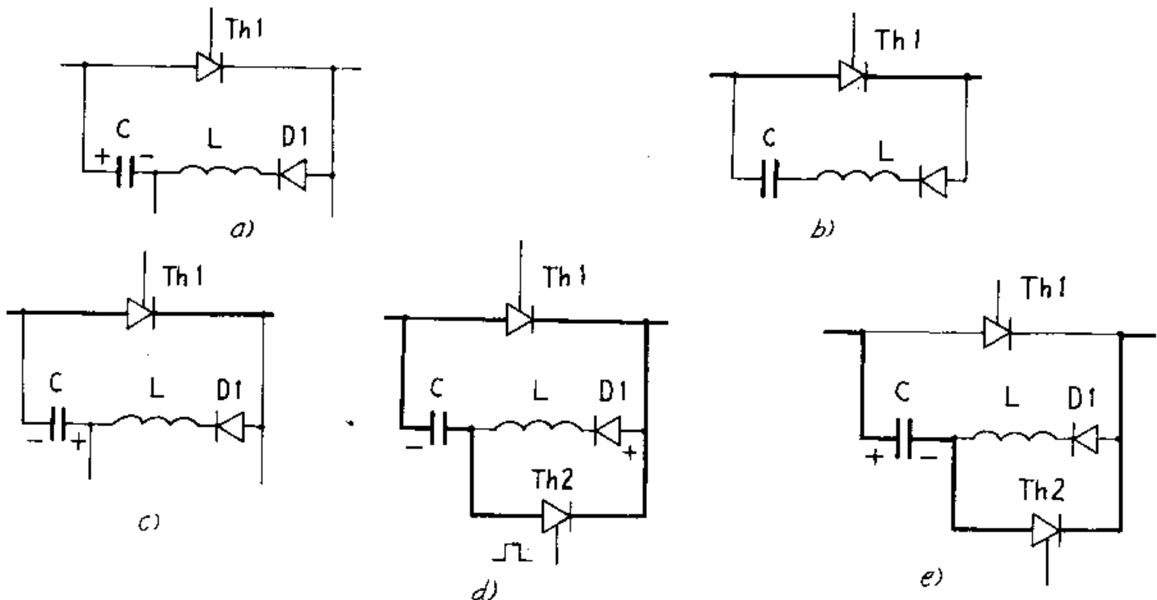
b. Khi có xung điều khiển tác động đến Th_1, nó trở nên dẫn điện. Tụ điện C phóng điện, có dòng điện chạy qua cuộn dây L và điôt D_1.

c. Dòng điện này tạo ra áp tự cảm theo chiều ngược lại. Do điôt D_1 dẫn điện theo một chiều nên tụ điện C dần dần được nạp điện với điện cực ngược chiều so với thời điểm a, trong khi đó Th_1 luôn dẫn điện.

d. Khi có xung điều khiển



Hình 4-43. Sơ đồ đóng ngắt mạch sử dụng thyristor



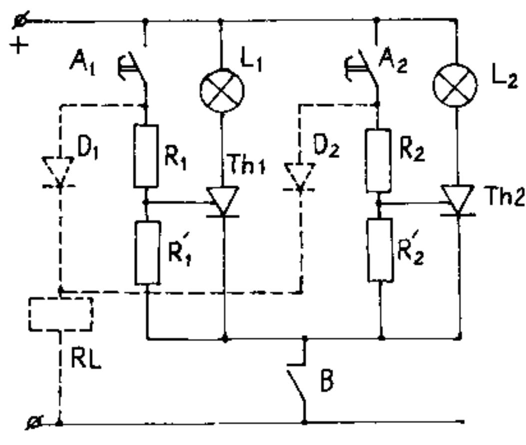
Hình 4-44. Nguyên lý mở thông và ngắt mạch thyristor

tác động đến thyristor Th_2, nó trở nên dẫn điện, tụ điện C phóng điện qua Th_2, do đó áp của tụ đặt lên Th_1 ngược chiều với dẫn điện của thyristor Th_1 và Th_1 ngắt mạch.

e. Khi thyristor Th_1 ngắt, tụ C sẽ được nạp điện qua thyristor Th_2 với điện cực như trên hình 4-44e. Khi nạp xong, dòng điện nạp bằng 0, do đó thyristor Th_2 ngắt mạch. Sơ đồ có trạng thái giống như ở đầu thời điểm *a*

4.8.5. Sử dụng thyristor thay thế rơle

Trên hình 4-45 trình bày sơ đồ thiết bị cảnh báo dùng thyristor thay thế cho rơle.



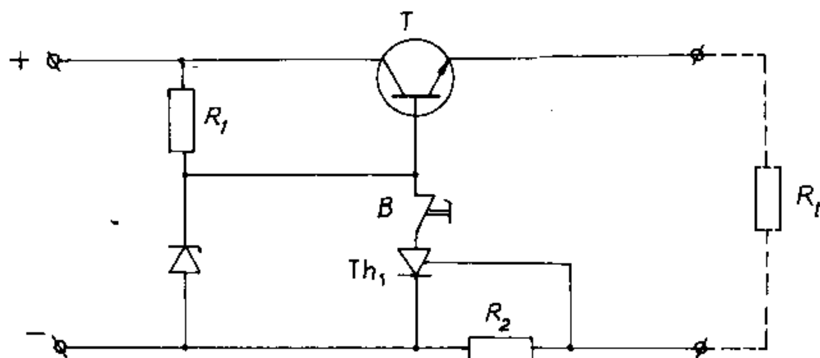
Hình 4-45. Sơ đồ dùng thyristor thay thế rơle

Ở đây mỗi đèn cảnh báo được điều khiển bởi một thyristor thay thế cho rơle, các nút bấm A_1 và A_2 khi đóng mạch sẽ cho dòng chạy qua các đèn hiệu này. Các điện trở R_i dùng để phân áp sao cho áp đặt vào cực điều khiển của các thyristor đúng bằng áp điều khiển danh định cho loại thyristor được dùng. Ngoài các đèn hiệu, có thể dùng cho chuông điện báo hiệu. Chuông này được điều khiển bởi mạch rơle RL và các điôt định hướng D_1 và D_2 (phần gạch đứt quãng trên hình 4-45). Nút bấm thường đóng B dùng để ngắt dòng qua các đèn khi hết tín hiệu điều khiển.

4.8.6. Bảo vệ quá dòng trong các nguồn ổn áp dùng thyristor

Sơ đồ trên hình 4-46 tương đương với sơ đồ trên hình 4-24.

Ở đây người ta thay tranzito bằng một thyristor. Thyristor này thông mạch nếu áp rơi trên điện trở R_2 vượt quá ngưỡng do dòng quá tải tăng cao. Do đó điôt ổn áp bị ngắn mạch khiến cho áp ra tải cũng bị tụt xuống 0. Mạch thyristor sẽ thông ngay cả khi dòng tải trở lại bình thường. Vì vậy cần ấn nút B để khởi tạo lại mạch bảo vệ cho lần bảo vệ mới.

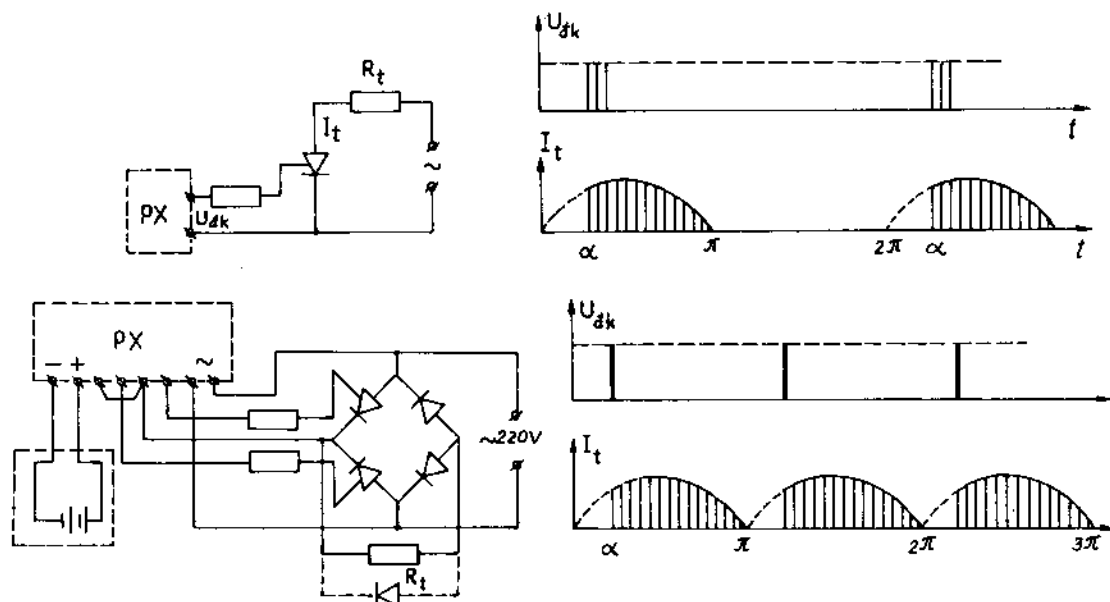


Hình 4-46. Sơ đồ bảo vệ quá dòng dùng thyristor

4.8.7. Dùng thyristor trong các sơ đồ nắn dòng một pha xoay chiều

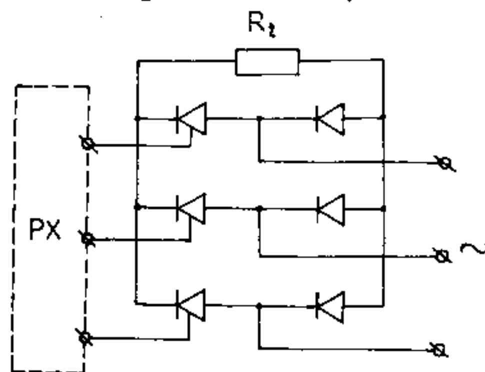
Trên hình 4-47a trình bày sơ đồ nắn dòng một pha nửa chu kỳ dùng thyristor và đồ thị theo thời gian của dòng tải.

Trên hình 4-47b trình bày sơ đồ nắn dòng một pha hai nửa chu kỳ dùng thyristor và đồ thị theo thời gian của dòng tải.



Hình 4-47. Sơ đồ nắn dòng một pha xoay chiều dùng thyristor

Các bộ phát xung *PX* tạo ra tín hiệu điều khiển để mở thyristor vào thời điểm cần thiết, thời điểm này được tính bằng góc α gọi là góc mở của thyristor. Trên hình 4-47 thời gian mở của thyristor là từ $(\alpha \div \pi) \pm 2K\pi$ đối với nắn dòng một nửa chu kỳ và từ $(\alpha \div \pi) \pm K\pi$ đối với nắn dòng hai nửa chu kỳ. Ở đây sử dụng phương pháp chuyển mạch nhờ lưới điện của thyristor. Trong trường hợp chung, thời gian mở tương ứng đối với hai sơ đồ trên là từ $(\alpha_1 \div \alpha_2) \pm 2K\pi$ và từ $(\alpha_1 \div \alpha_2) \pm K\pi$, trong đó α_2 là góc đóng của thyristor.

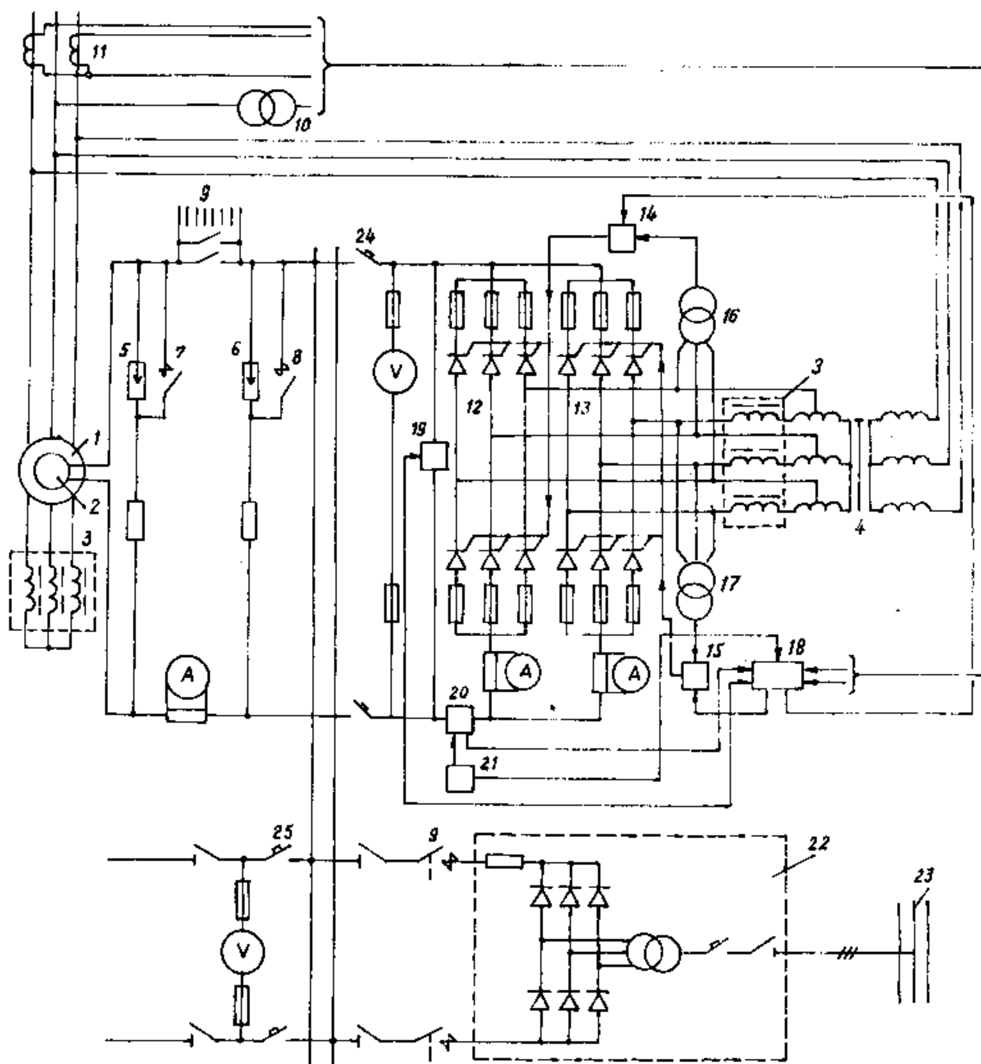


Hình 4-48. Sơ đồ nắn dòng ba pha dùng thyristor

Để tạo ra thành phần không đổi trong xung điều khiển, trong các nguồn phát xung người ta có thể lấy nguồn cung cấp một chiều từ bên ngoài với giá trị lớn

nhất đến 5 V. Nguồn xoay chiều có thể cung cấp từ điện lưới 220 V hoặc 380 V.

Tùy theo các giá trị α (hoặc α_1, α_2) người ta có thể tạo ra các điện áp một chiều có giá trị thay đổi được dùng trong các mục đích khác nhau (thí dụ điều khiển vận tốc của động cơ một chiều).



Hình 4-49. Hệ thống tự kích từ cho các máy phát điện dùng thyristor
1 và 2. Máy phát điện và rôto chứa cuộn kích từ; 3. Biến áp nối tiếp; 4. Biến áp nắn dòng; 5 và 6. Các thanh phóng điện để bảo vệ rôto và bộ biến đổi thyristor khỏi quá áp; 7 và 8. Các côngtắctơ nối mạch thanh phóng điện trong chế độ tự hòa đồng bộ; 9. Thiết bị tự động diệt từ; 10. Biến áp; 11. Biến dòng; 12. Bộ thyristor làm việc; 13. Bộ thyristor tăng cường; 14 và 15. Sơ đồ điều khiển bộ thyristor làm việc và tăng cường; 18. Bộ điều chỉnh kích từ tác động mạnh; 19. Bộ chia áp; 20 và 21. Biến áp một chiều và thiết bị phụ trợ của nó; 22. Thiết bị kích từ sơ bộ khi khởi động máy; 23. Thanh góp 380 V nguồn tự dùng; 24 và 25. Máy cắt không khí tự động tương ứng của cuộn kích từ làm việc và dự phòng.

4.8.8. Nắn dòng có điều khiển trong mạng điện ba pha

Sơ đồ nắn dòng được trình bày trên hình 4-48.

Để nắn dòng ở đây sử dụng hỗn hợp 3 thyristor và 3 điôt, tương tự như ở trên hình 4-48b. Điện áp rơi trên tải là điện áp một chiều có giá trị điều khiển được bằng số lượng xung do nguồn phát ra.

4.8.9. Hệ thống tự kích từ cho các máy phát điện dùng thyristor

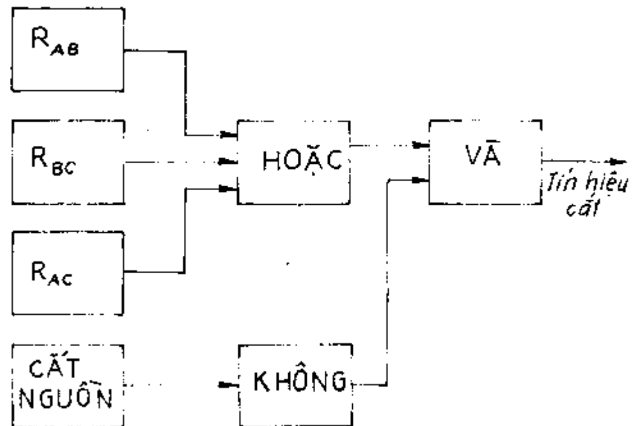
Đối với các máy phát điện công suất lớn làm việc trong điều kiện độ dự trữ ổn định không lớn, người ta dùng bộ tự kích từ sử dụng thyristor (hình 4-49). Đặc điểm của nó là tác động nhanh và có độ tin cậy lớn. Nguồn cung cấp cho bộ kích từ được lấy từ máy phát điện ba pha phụ, tần số 50 - 100 Hz, đặt đồng trục với máy phát điện chính số *1*. Hệ thống tự kích từ được cung cấp nguồn qua bộ biến áp nắn dòng số *4*.

Chương 5

CÁC PHẦN TỬ LÔGIC VÀ KỸ THUẬT SỐ

5.1. KHÁI NIỆM VỀ ĐẠI SỐ LÔGIC (ĐẠI SỐ BOOLE)

Đại số lôgic được ứng dụng cho các hệ thống kỹ thuật mà các đại lượng đầu vào và đầu ra chỉ nhận một trong hai mức giá trị 1 và 0 ứng với các chế độ làm việc kiểu chuyển mạch hay tác động kiểu rơle. Khi đó sự xuất hiện giá trị 1 hoặc 0 ở đầu ra (tức hệ thống tác động hay không tác động) là kết quả lôgic của các giá trị ở đầu vào. Thí dụ thuật toán bảo vệ khoảng cách chống ngắn mạch các pha và ngắt mạch bảo vệ được trình bày như sau: Bảo vệ sẽ tác động máy cắt nếu rơle tổng trở pha *AB* là R_{AB} HOẶC rơle tổng trở pha *AC* là R_{AC} HOẶC rơle tổng trở pha BC là R_{BC} tác động VÀ đồng thời nguồn cung cấp của hệ thống KHÔNG bị cắt. Sơ đồ thuật toán được biểu diễn trên hình 5-1.



Hình 5-1. Sơ đồ lôgic của bảo vệ ba pha dùng rơle tổng trở

Việc phân tích hàng loạt các thuật toán tương tự như trên cho thấy, một sơ đồ lôgic bất kỳ là một tổ hợp của các phần tử cơ bản là HOẶC, VÀ, KHÔNG với các phép toán lôgic được thực hiện trên chúng là phép cộng lôgic, phép nhân lôgic, phép đối lôgic...

a. Cộng lôgic (OR) HOẶC

Cộng lôgic là phép toán có dạng:

$$y = a + b \tag{5-1}$$

trong đó $y = 0$ chỉ trong trường hợp các biến số đầu vào *a*, *b* đồng thời bằng không;

$y = 1$ khi ít nhất một trong các biến số đầu vào bằng 1.

b. Nhân lôgic (AND)- VÀ

Nhân lôgic là phép toán có dạng:

$$y = a \,.\, b \tag{5-2}$$

trong đó $y = 1$ chỉ khi tất cả các biến số đều bằng 1;

$y = 0$ chỉ cần một trong các biến số bằng 0.

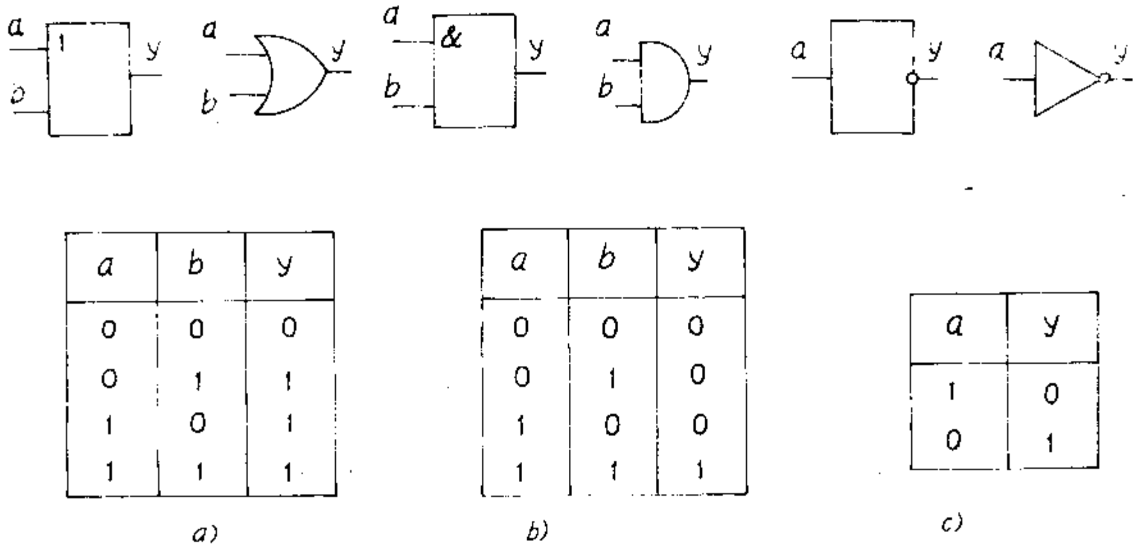
c. Đối lôgic (NOT) phần tử ĐẢO hoặc phần tử KHÔNG:

$$y = \overline{a} \tag{5-3}$$

$y = 1$ khi $a = 0$

$y = 0$ khi $a = 1$

Bảng các giá trị đầu ra phụ thuộc vào giá trị đầu vào của các phần tử gọi là *BẢNG SỰ THẬT*. Trên hình 5-2a,b,c trình bày tương ứng các ký hiệu của các phần tử HOẶC, VÀ và ĐẢO cùng với *BẢNG SỰ THẬT* của chúng.



a	b	y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

a)

a	b	y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

b)

a	y
1	0
0	1

c)

Hình 5-2. Các phần tử lôgic cơ bản và *BẢNG SỰ THẬT* của chúng

Trên hình 5-3 trình bày đồ thị thời gian của các phép toán lôgic (a) và các thực hiện bằng những phần tử có tiếp điểm (b).

Trong đại số Boole có một số các qui luật và đồng nhất thức cơ bản sau đây:

$$\begin{aligned} &a + \overline{a} = 1 \\ &a \,.\, \overline{a} = 0 \\ &a + 1 = 1 \\ &a \,.\, 1 = a \\ &a + a = a \\ &a \,.\, a = a \\ &\overline{\overline{a}} = a \end{aligned} \qquad (5\text{-}4)$$

Đối với phép cộng và phép nhân lôgic, các qui luật của phép tính đại số vẫn đúng.

Luật kết hợp:

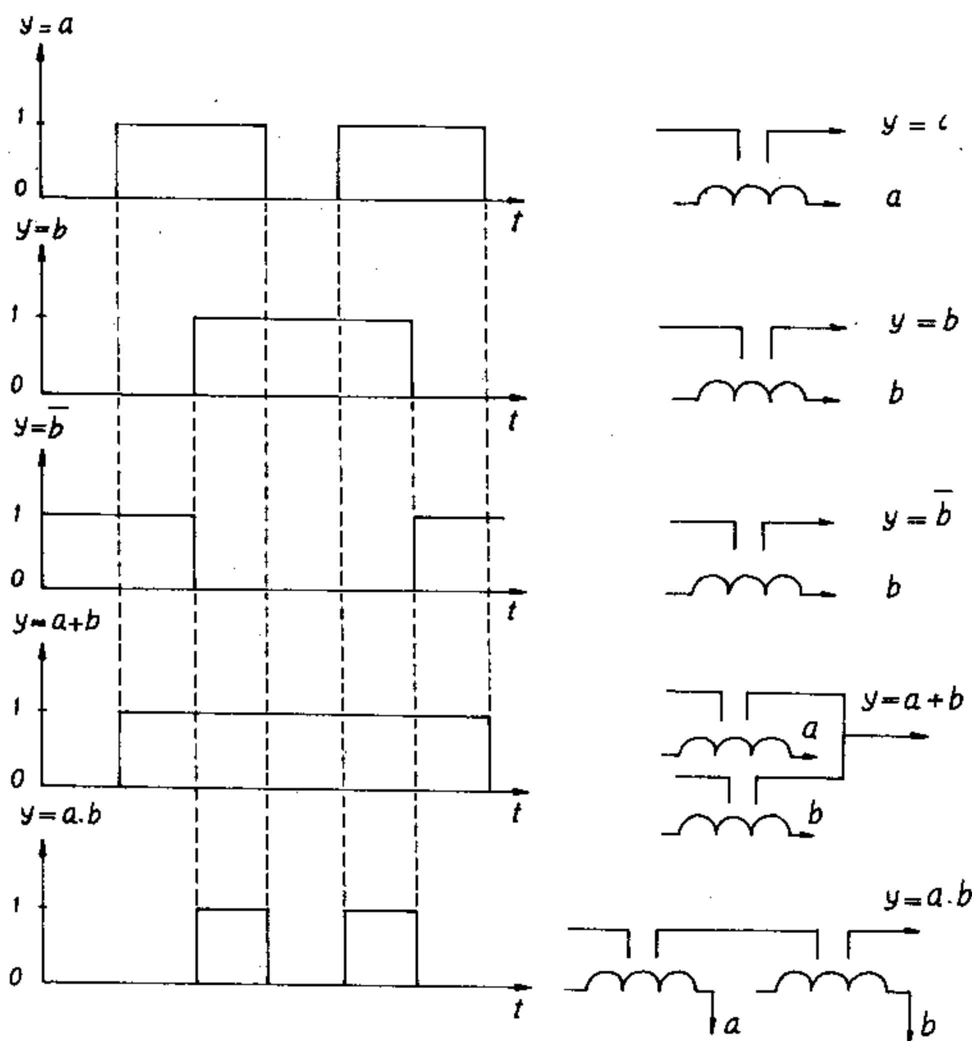
$$\begin{aligned} &(a + b) + c = a + (b + c) \\ &(ab)c = a(bc) \end{aligned} \qquad (5\text{-}5)$$

Luật giao hoán:

$$\begin{aligned} &a + b = b + a \\ &a \,.\, b = b \,.\, a \end{aligned} \qquad (5\text{-}6)$$

Luật phân phối:

$$a(b + c) = ab + ac \qquad (5\text{-}7)$$



Hình 5-3. Đồ thị thời gian của các phần tử lôgic và việc thực hiện chúng bằng các phần tử có tiếp điểm

Định lý De Morgan:

$$\overline{a + b} = \overline{a} \cdot \overline{b}$$
$$\overline{a \cdot b} = \overline{a} + \overline{b} \qquad (5\text{-}8)$$

Kiểm tra tính đúng đắn các công thức (5-4) ÷ (5-8) có thể thực hiện bởi việc so sánh *BẢNG SỰ THẬT* vế trái và vế phải các biểu thức đó. Vì các *BẢNG SỰ THẬT* này đồng nhất với nhau nên các đẳng thức là đúng.

5.2. MỘT VÀI SƠ ĐỒ LÔGIC BẰNG ĐIÔT VÀ TRANZITO

Việc thể hiện các biểu thức lôgic trong các hệ thống tự động và bảo vệ mạng lưới điện thông qua các phần tử rơle hoặc linh kiện bán dẫn. Với sự phát triển nhanh chóng của kỹ thuật điện tử, người ta có xu hướng thay thế các phần tử tác động kiểu rơle có tiếp điểm bằng các phần tử đóng ngắt không tiếp điểm bằng bán dẫn. Các phần tử này càng ngày

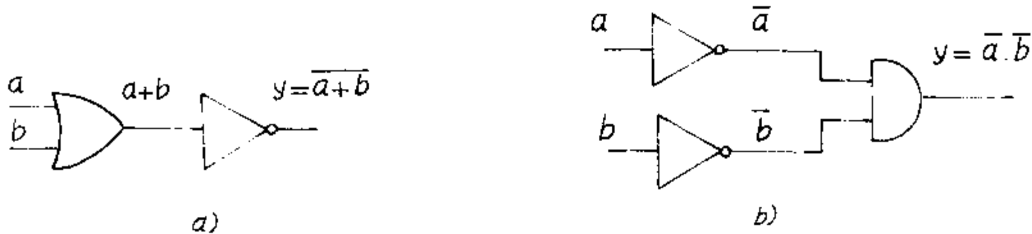
càng được chế tạo hàng loạt với kích thước càng nhỏ hơn, với giá thành hạ, tiêu tốn ít năng lượng. Việc chuẩn hóa các phần tử lôgic cơ sở rất thuận lợi, vì dựa vào các công thức cơ bản của đại số Boole ta có thể thấy, để thực hiện phép lôgic bất kỳ, chỉ cần dùng nhiều nhất hai chủng loại phần tử cơ sở là "VÀ", "KHÔNG" hoặc "HOẶC", bởi vì với các phần tử cơ sở này có thể xây dựng biểu thức lôgic bất kỳ. Thí dụ nếu ta muốn biểu thị biểu thức:

$$y = \overline{a + b}$$

chỉ bằng các phần tử "VÀ" và "KHÔNG", thì chỉ cần áp dụng định luật De Morgan ta có:

$$y = \overline{a + b} = \overline{a} \,.\, \overline{b}$$

Như vậy hai sơ đồ trên hình 5-4a,b là tương đương nhau.

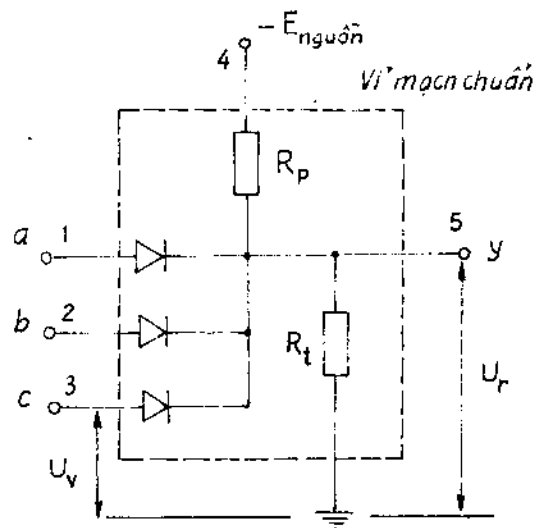


Hình 5-4. Các sơ đồ lôgic tương dương

Hiện nay trong các hệ thống tự động và bảo vệ mạng lưới điện, người ta sử dụng rộng rãi các mạch lôgic được chuẩn hóa với các thế hệ khác nhau theo hướng tối thiểu hóa kích thước. Những mạch chuẩn bán dẫn đầu tiên là các mạch "HOẶC", "VÀ" bằng điốt được tạo ra ở dạng vỉ mạch chuẩn, hoặc sau này ở dạng một linh kiện liền khối khi áp dụng công nghệ chế tạo tiên tiến hơn.

5.2.1. Mạch "HOẶC" bằng diôt

Trên hình 5-5 giới thiệu sơ đồ mạch "HOẶC" bằng điôt cho các tín hiệu dương. Khi một trong các đầu vào có tín hiệu dương (giá trị 1) thì ở đầu ra có tín hiệu dương.



Hình 5-5. Sơ đồ mạch "HOẶC" bằng diôt

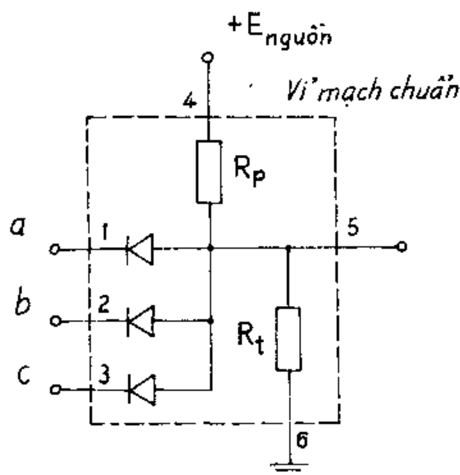
5.2.2. Mạch "VÀ" bằng điôt

Trên hình 5-6 trình bày sơ đồ mạch "VÀ", khi không có tín hiệu dương ở ít nhất một đầu vào, điện áp đầu ra không có. Chỉ khi tất cả các cực vào điện áp $U_0 \geq E_{nguồn}$ thì mới có điện áp ở đầu ra:

$$U_{ra} = E_{nguồn} \frac{R_t}{R_p + R_t} \tag{5-9}$$

Nhược điểm của các mạch lôgic chỉ dùng điôt là không có khả năng khuếch đại tín

hiệu. Việc sử dụng tranzito trong các mạch chuẩn cho phép khuếch đại tín hiệu, song đồng thời lại làm đảo giá trị lôgic, do đó mạch khuếch đại tranzito đóng vai trò như phần tử KHÔNG. Điều này giải thích vì sao cho đến nay các phần tử chuẩn sản xuất hàng loạt thường là phần tử HOẶC - KHÔNG (NOR) hay VÀ - KHÔNG (NAND) chứ không phải là phần tử HOẶC (OR) hay VÀ (AND).

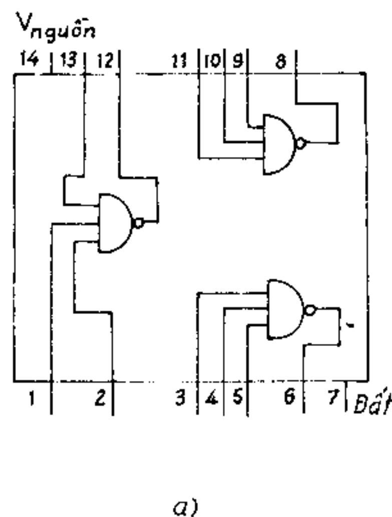


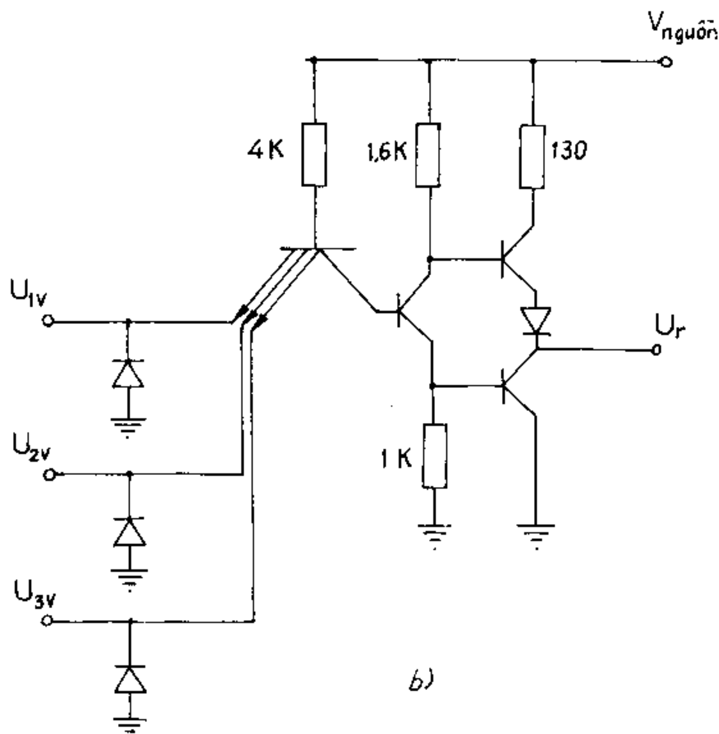
Hình 5-6. Sơ đồ mạch "VÀ" bằng diôt

5.2.3. Các vi mạch số

Dòng linh kiện kỹ thuật số phổ biến đầu tiên là dòng (seri) *SN*74 (Mỹ) hoặc *K* 155 (Nga) dùng nguồn nuôi 5 V. Sau đây giới thiệu sơ đồ của một trong các linh kiện phổ dụng nhất của Mỹ *SN*7410 là một chíp chứa ba phần tử *NAND* (hình 5- 7a), mỗi phần tử có 3 đầu vào (hình 5- 7b).

Loại sơ đồ như vậy thường có trong các sách tra cứu linh kiện do hãng chế tạo phát hành. Nó cung cấp các thông tin quan trọng nhất để người sử dụng có thể dùng linh kiện trong một ứng dụng nào đó, thí dụ như chức năng lôgic của linh kiện, ý nghĩa của các chân linh kiện, số lượng các chân v.v... Để có thể dễ dàng xác định vị trí các chân, người ta sử





Hình 5-7. Sơ đồ vi mạch SN7410

dụng qui ước sau: trên linh kiện người ta ấn định một dấu hiệu dưới dạng một vết lõm hình chữ nhật, hình bán nguyệt hay một dấu son tròn. Chân thứ nhất của linh kiện là chân gần với dấu hiệu đó nhất tính theo chiều ngược với chiều kim đồng hồ. Các chân thứ 2, 3... sẽ được tính từ chân thứ nhất theo chiều xác định này.

Để tìm hiểu về các vi mạch số, có thể tham khảo thêm ở các mục 5.15, 7.11.2.

5.3. CÁC MẠCH LẬT (TRIGGER)

Các mạch lật là các mạch cơ sở ở mức cao hơn so với các phần tử đã nêu ở trên. Chúng thường có hai trạng thái ổn định ngược nhau (như là 0 đối với 1 và ngược lại) tùy thuộc vào tín hiệu tác động từ bên ngoài. Mạch lật được dùng rộng rãi trong kỹ thuật vi điện tử để làm các ô nhớ trong các bộ nhớ cứng, các bộ ghi, cộng, giải mã, v.v. Mạch lật được tạo thành từ các phần tử HOẶC, VÀ... do người sử dụng tự ghép nối, hoặc làm sẵn trong các chíp riêng chứa một hay nhiều phần tử mạch lật.

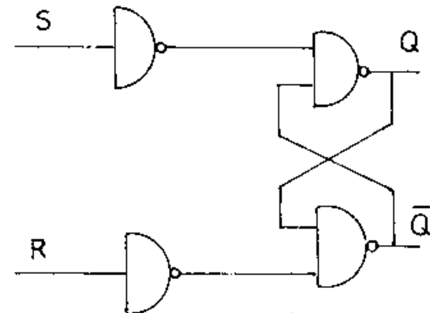
Trong phần này giới thiệu một số mạch lật cơ bản sau:

5.3.1. Mạch lật RS

Trên hình 5-8a, b giới thiệu mạch lật *RS* với bảng sự thật, được tạo ra bởi các phần tử VÀ-KHÔNG (NAND). Giả sử ở trạng thái thứ *n*, đầu ra thuận là Q_n, đầu ra đảo là $\overline{Q}_n$ thì khi không có tín hiệu vào, trạng thái thứ $n + 1$ là Q_{n+1} sẽ không thay đổi. Đầu ra thuận có giá trị 1 hoặc 0 tùy thuộc vào giá trị đầu vào *R* và *S*. Chú ý là khi $R = 1$ và $S = 1$ thì đầu ra là không xác định, do đó phải thiết kế mạch sao cho tình huống này không xảy ra.

R	S	Q_{n+1}
0	0	Q_n
1	0	0
0	1	1
1	1	KXĐ

a)



b)

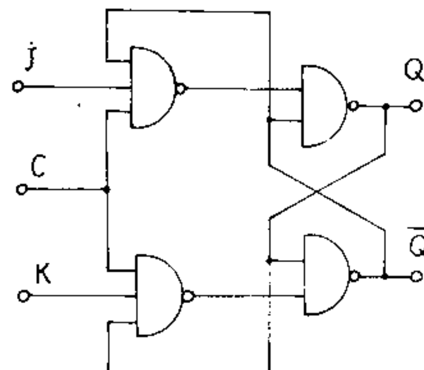
Hình 5-8. Sơ đồ và *BẢNG SỰ THẬT* của mạch lật RS

5.3.2. Mạch lật *JK*

Trên hình 5-9a, b giới thiệu mạch lật *JK* với *BẢNG SỰ THẬT*. Mạch lật này tác dụng

J	K	Q_{n+1}
0	0	Q_n
1	0	1
0	1	0
1	1	$\overline{Q}_n$

a)



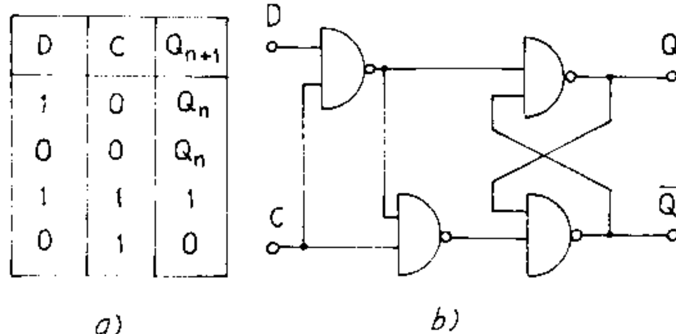
b)

Hình 5-9. Sơ đồ và *BẢNG SỰ THẬT* của mạch lật JK

giống mạch lật RS, tuy nhiên loại trừ được trạng thái không xác định trong mạch lật RS khi cả hai đầu vào có giá trị 1. Chú ý là trên hình 5-9b có thêm một đầu vào không bắt buộc C gọi là đầu vào xung tạo nhịp. Khi không có xung ở đầu vào C mạch lật không làm việc. Với một sơ đồ có nhiều mạch lật, nếu thời điểm lật trạng thái của chúng khác nhau (thí dụ do xung các đầu vào dài ngắn khác nhau và luôn thay đổi), trạng thái làm việc của cả mạch có thể không ổn định. Việc đưa xung tạo nhịp đến từng mạch lật cho phép bắt buộc các mạch lật cùng lật một cách đồng thời, do đó toàn sơ đồ hoạt động theo một thuật toán như người thiết kế mong muốn.

5.3.3. Mạch lật D

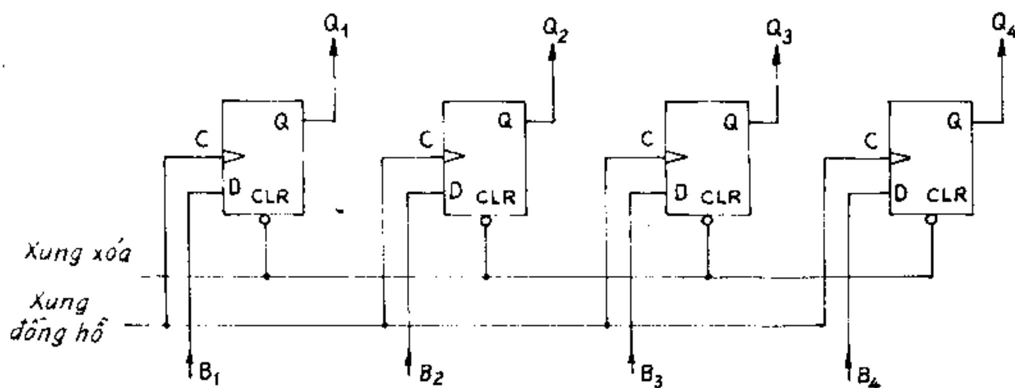
Bảng sự thật và sơ đồ xây dựng mạch lật D được trình bày trên hình 5-10a, b. Khi có xung đồng hồ C, trạng thái lôgic của đầu D được chuyển sang đầu ra không đảo Q. Mạch lật D do đó được dùng làm ô nhớ như trong các bộ ghi hoặc đơn giản hơn, dùng để ghi nhận sự xuất hiện của xung đồng hồ C. Để làm điều đó, đầu tiên người ta xóa mạch lật D ($Q = 0, \overline{Q} = 1$) đồng thời cho đầu vào D nối với nguồn ($D = 1$). Khi có xung C dù chỉ trong thời gian rất ngắn, giá trị lôgic 1 sẽ được ghi sang đầu ra Q. Như vậy căn cứ vào giá trị của Q người ta có thể xác nhận là xung C đã xuất hiện hay chưa.



D	C	Q_{n+1}
1	0	Q_n
0	0	Q_n
1	1	1
0	1	0

Hình 5-10. Sơ đồ mạch lật D với đầu vào đồng bộ

Mạch lật D có thể phản ứng với hai loại xung C. Loại phản ứng theo mức sẽ lật mạch khi xung C có giá trị lôgic bằng 0 (hay bằng 1), loại phản ứng theo sườn sẽ lật mạch khi có sự chuyển đổi nhanh của xung đồng hồ từ mức cao xuống mức thấp hay ngược lại.



Hình 5-11. Thanh ghi song song bốn bit

5.4. MỘT VÀI HỆ LÔGIC ĐIỂN HÌNH DÙNG MẠCH LẬT

5.4.1. Bộ ghi (thanh ghi)

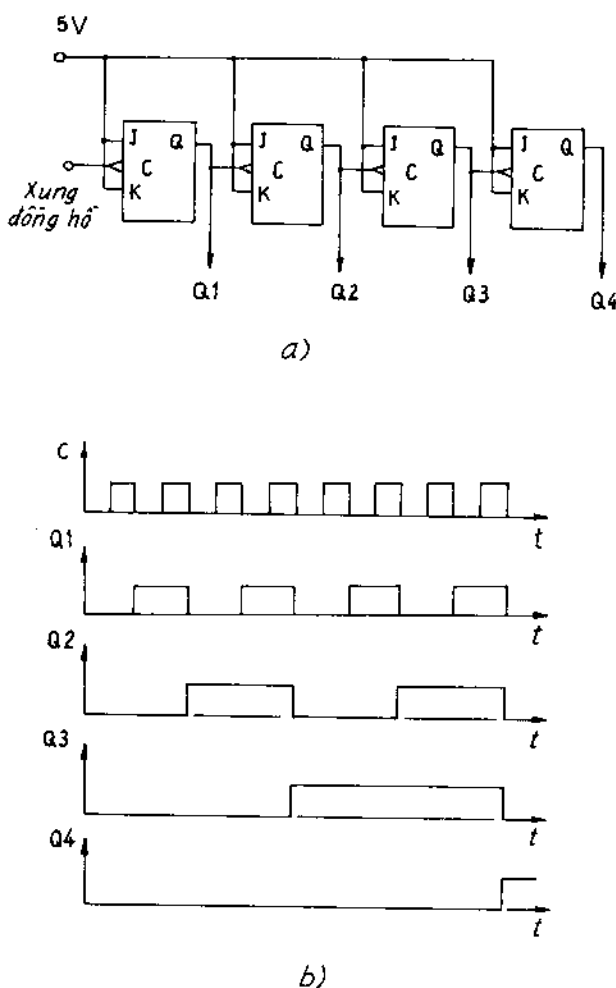
Hệ lôgic để lưu trữ thông tin gọi là bộ ghi. Có hai loại bộ ghi: bộ ghi song song và bộ ghi liên tiếp. Ở bộ ghi liên tiếp, các bit thông tin được ghi một cách tuần tự theo thời gian, còn ở bộ ghi song song *n* bit, tại một thời điểm *n* bit thông tin được ghi cùng một lúc. Sơ đồ khối của bộ ghi song song 4 bít được trình bày trên hình 5-11.

Bộ ghi được tạo bởi các mạch lật *D* riêng rẽ. Khi có xung đồng bộ thông tin ở đầu vào D_i được chốt lại ở các đầu ra Q_i. Trên thực tế thường có các loại bộ ghi 4 bit, 8 bit, 10 bit, 12 bit, 16 bit, 32 bit, v.v... Đó là phần tử cơ bản dùng trong việc xử lý thông tin song song hay tuần tự. Người ta cũng có thể sử dụng các thanh ghi dịch cho phép chuyển đổi mã song song thành tuần tự và ngược lại.

5.4.2. Bộ đếm

Hệ lôgic dùng để đếm xung gọi là bộ đếm. Trên thực tế thường có bộ đếm cơ số 2, cơ số 8, cơ số 10, cơ số 16... trong đó bộ đếm cơ số 2 là bộ đếm đơn giản nhất dùng làm cơ sở cho các bộ đếm khác. Phần tử cơ bản của bộ đếm có thể là mạch lật *JK, RS* hay *D*, v.v... Sau đây trình bày bộ đếm cơ số 2 dựa trên mạch lật *JK*.

Ta chú ý rằng khi hai đầu vào *JK* của mạch lật *JK* có giá trị lôgic 1, mỗi khi có xung đồng hồ *C*, đầu ra *Q* của mạch lật đổi trạng thái (xem mục 5.3.2.). Như vậy cứ hai xung đồng hồ *C* ta tạo được một xung đồng hồ Q_1, cứ hai xung Q_1 ta tạo được một xung Q_2 v.v... Nếu bộ đếm có *n* bit thì cứ 2^n xung đồng hồ ở đầu vào *C* ta tạo ra được một xung ra ở đầu ra *Q* của mạch lật bit cao nhất. Các giá trị lôgic ở các đầu ra Q_i ($i = 1 \div n$) sau khi đếm xong chính là số xung đồng hồ ở đầu vào biểu diễn ở cơ số hai. Các đầu ra Q_1, Q_2, Q_3... sẽ tương ứng với các bit từ thấp đến cao của bộ đếm.



Hình 5-12. Bộ đếm dùng mạch lật JK

5.5. BỘ CHUYỂN ĐỔI SỐ - TƯƠNG TỰ

5.5.1. Khái niệm chung

Việc sử dụng rộng rãi kỹ thuật số trong hệ thống tự động và bảo vệ mạng lưới điện đòi hỏi có những thiết bị làm tương thích phần thông tin ở dạng tương tự với phần thông tin ở dạng số. Những thiết bị đó gọi là bộ chuyển đổi tương tự - số hoặc là bộ chuyển đổi số - tương tự tùy thuộc vào thiết bị đó được đặt ở đầu vào hay đầu ra của phần sử dụng kỹ thuật số.

Những yêu cầu cơ bản đối với các bộ chuyển đổi ứng dụng trong hệ thống điện lực bao gồm:

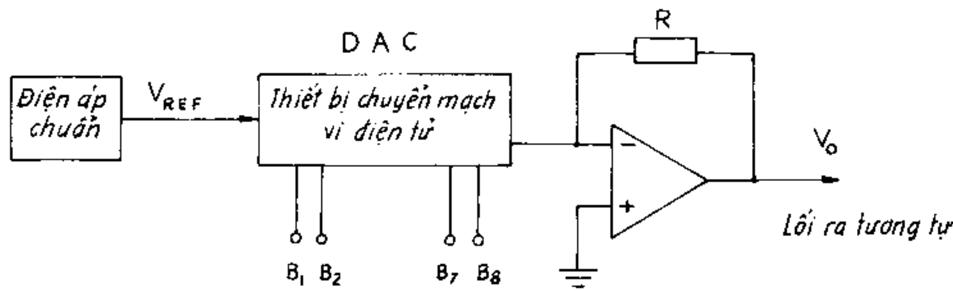
- Phải phản ánh trung thực tín hiệu đầu vào, trong khi các tham số hệ thống điện có thể thay đổi trong dải dao động lớn (như khi có ngắn mạch, dòng điện có thể tăng lên gấp chục lần dòng làm việc).

- Phải không chịu ảnh hưởng của nhiễu cao tần (>> 50 Hz) thường có rất nhiều trong lưới điện và phải có tốc độ chuyển đổi nhanh.

Vì những nguyên nhân trên đây, không phải bộ chuyển đổi phổ cập nào trong công nghiệp điện tử cũng có thể sử dụng trong các hệ thống tự động và bảo vệ mạng lưới điện.

5.5.2. Bộ chuyển đổi số - tương tự

Bộ chuyển đổi số - tương tự biến đổi tín hiệu số thành tín hiệu tương tự, thường dùng để tạo ra tín hiệu điều khiển các cơ cấu chấp hành trong hệ thống tự động. Giá trị tín hiệu đầu ra của bộ chuyển đổi thường tỷ lệ với mã cơ số 2 hoặc số xung ở đầu vào. Để là phẳng tín hiệu phía đầu ra nhiều khi người ta sử dụng các bộ lọc tần số.



Hình 5-13. Sơ đồ khối của bộ chuyển đổi số - tương tự

Một bộ chuyển đổi số - tương tự (viết tắt là *DAC*) cơ bản gồm ba phần tử: một điện áp quy chiếu (chuẩn) ổn định bên ngoài, một *DAC* cơ sở và một khuếch đại thuật toán (hình 5-13).

Với một mã nhị phân tự nhiên ở lối vào một *DAC*, ta có lối ra:

$$V_o = \pm V_{REF}\,(B_1 2^{-1} + B_2 2^{-2} + ... + B_n 2^{-n}) \qquad (5\text{-}10)$$

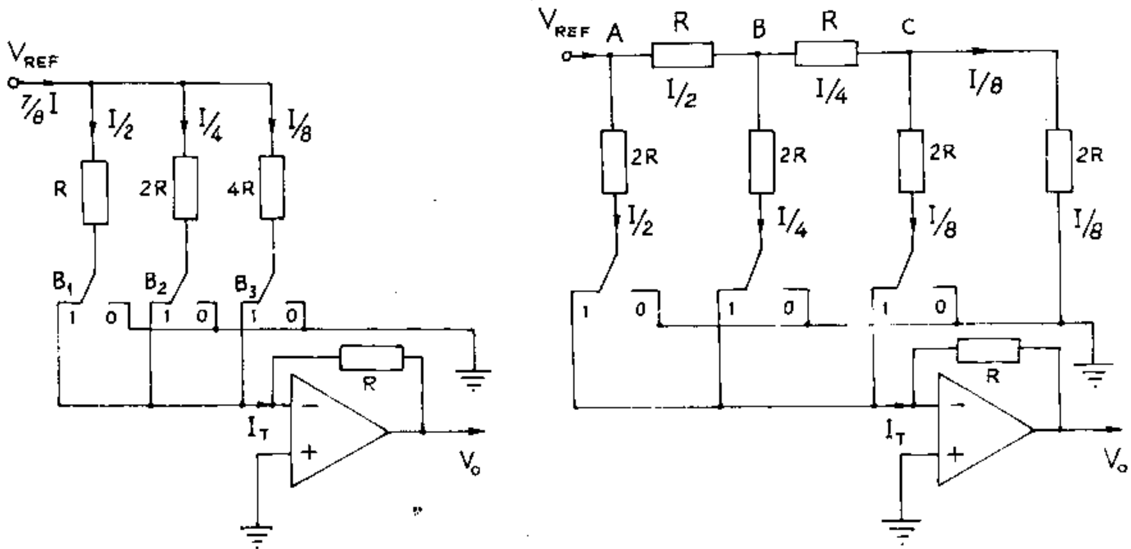
trong đó B_1 là bit cao nhất và B_n là bit thấp nhất, V_{REF} là điện áp qui chiếu.

Việc thực hiện phép toán như biểu thức (5-10) có thể tiến hành theo nhiều cách. Trên đây giới thiệu sơ đồ *DAC* điện trở trọng lượng (hình 5-14a) và *DAC* loại *R*-2*R* (hình 5-14b). Theo tính chất của khuếch đại thuật toán (*KTT*) ở Chương 4 ta có:

$$V_o = -I_T.R \tag{5-11}$$

Trong *DAC* điện trở trọng lượng, dòng điện qua điện trở tương ứng với bit B_i sẽ là:

$$I_i = \frac{V_{REF}}{2^i R} \tag{5-12}$$



Hình 5-14. Sơ đồ DAC điện trở trọng lượng (a) và kiểu R-2R (b)

do đó theo (5-11):

$$V_o = -V_{REF}(B_1.2^{-1} + ... + B_n.2^{-n})$$

Khi số bit tăng lên, số lượng điện trở chuẩn tăng theo gây khó khăn cho việc chế tạo. Vì vậy, người ta thường dùng *DAC* loại *R - 2R* như ở hình 5-14b. Theo sơ đồ đó, dòng điện chuẩn *I* được chia đôi nhánh khi qua điểm *A*, đến điểm *B* lại tiếp tục chia đôi nữa. Như vậy có thể thực hiện được biểu thức (5-10) mà chỉ cần hai loại điện trở chuẩn. Ở đây cần chú ý rằng, điện trở tương đương ở các điểm *A, B, C*... đối với đất luôn luôn có giá trị không đổi:

$$R_{td} = [(2R//2R + R) // 2R + R] // 2R... = R \tag{5-13}$$

5.5.3. Phương pháp chuyển đổi tín hiệu độ lớn cao

Khi tín hiệu tương tự đầu ra có giá trị lớn gấp hàng chục lần so với chế độ làm việc bình thường, người ta thường dùng bộ chuyển đổi *DAC* có thang đo không tuyến tính, cụ thể là tỷ lệ theo hàm mũ:

$$V_o = V_{REF}\left(1 - \frac{1}{2^n}\right)^N \tag{5-14}$$

trong đó: N - số xung tương đương với giá trị đầu vào;

2^n - độ dài thang đo đầu vào.

Ở đầu vào của bộ chuyển đổi không phải là tín hiệu mã cơ số 2, mà là dãy xung, số lượng của chúng tương đương với giá trị đầu vào. Sơ đồ bộ chuyển đổi giới thiệu trên hình 5-15a, còn đường đặc trị của bộ chuyển đổi $V_o = f(N)$ trên hình 5-15b.

Giả sử khi xung đầu tiên $N^{(1)}$ với biên độ V_{REF} xuất hiện, ta có:

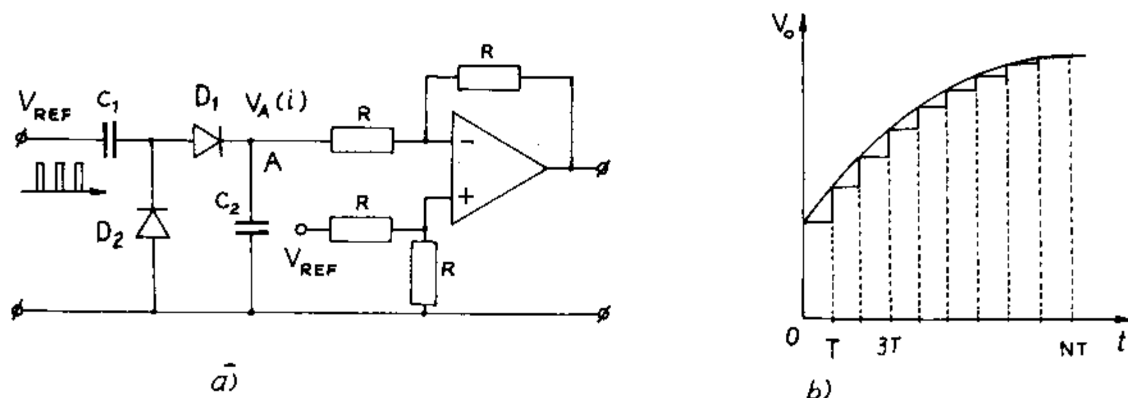
$$V_o^{(1)} = V_A^{(1)} = V_{REF}\frac{C_1}{C_1 + C_2} = \frac{1}{2^n}V_{REF} \qquad (5\text{-}15)$$

ở đây ta chọn $C_2 = (2^n - 1)C_1$.

Khi xung $N^{(1)}$ kết thúc, tụ C_1 phóng điện hoàn toàn qua điôt D_2, còn giá trị ΔV_A giữ nguyên. Khi xung thứ hai xuất hiện, tụ C_2 được nạp với độ chênh lệch hiệu điện thế là $V_{REF} - \Delta V_A^{(1)}$, do đó hiệu điện thế trên nó chỉ tăng thêm một đại lượng là:

$$V_A^{(2)} = [V_{REF} - V_A^{(1)}].\frac{1}{2^n} \qquad (5\text{-}16)$$

còn phần tăng thêm ở tụ C_1 là $(1 - \frac{1}{2^n})[-V_A^{(1)} + V_{REF}]$.



Hình 5-15. Nguyên lý chuyển đổi tín hiệu độ lớn cao

Bằng phép qui nạp ta có: khi xung thứ i xuất hiện, hiệu điện thế ở điểm A tăng thêm một giá trị bằng:

$$V_A^{(i)} = \frac{1}{2^n}V_{REF}(1 - \frac{1}{2^n})^{i-1} \qquad (5\text{-}17)$$

Khi đó hiệu điện thế điểm A bằng:

$$V_A^{(i)} = \sum \Delta V_A^{(i)} = \frac{1}{2^n}V_{REF}\sum(1 - \frac{1}{2^n})^{i-1} = V_{REF}[1 - (1 - \frac{1}{2^n})^i] \qquad (5\text{-}18)$$

và hiệu điện thế đầu ra:

$$V_o^{(i)} = V_{REF} - V_A^{(i)} = V_{REF}(1 - \frac{1}{2^n})^i \qquad (5\text{-}19)$$

Như vậy khi tín hiệu số quá lớn, giá trị tương tự i đầu ra không tăng đến mức gây cháy các phần tiếp theo của hệ thống tự động.

5.6. BỘ CHUYỂN ĐỔI TƯƠNG TỰ - SỐ

5.6.1. Khái niệm chung

Bộ chuyển đổi tương tự - số (viết tắt là *ADC*) thực hiện hai chức năng cơ bản là lượng

tử hóa và mã hóa. Lượng tử hóa là gán những giá trị của một tín hiệu tương tự vào vùng các giá trị rời rạc tương ứng. Mã hóa là gán những mã nhị phân cho từng giá trị rời rạc sinh ra trong quá trình lượng tử hóa. Bộ chuyển đổi *ADC* thường đặt ở phần tiếp nối giữa các đầu đo tín hiệu tương tự về các quá trình xảy ra trong hệ thống điện lực và phần xử lý thông tin ở dạng số.

Một *ADC* với *n* bit được xây dựng theo một trong hai phương pháp tổng quát: phương pháp trực tiếp và phương pháp gián tiếp. Ở phương pháp trực tiếp, điện áp tương tự cần chuyển đổi được so sánh liên tục với điện áp ra của một *DAC* khi mã vào của nó liên tục thay đổi. Khi có sự cân bằng giữa hai điện áp này, mã vào *DAC* bấy giờ chính là kết quả chuyển đổi.

Ở phương pháp chuyển đổi gián tiếp, điện áp cần chuyển đổi trước hết được chuyển đổi sang một đại lượng trung gian như tần số hoặc thời gian, sau đó đại lượng này mới được chuyển sang mã số. Phương pháp này nói chung có tốc độ chuyển đổi chậm hơn nhiều so với phương pháp trực tiếp.

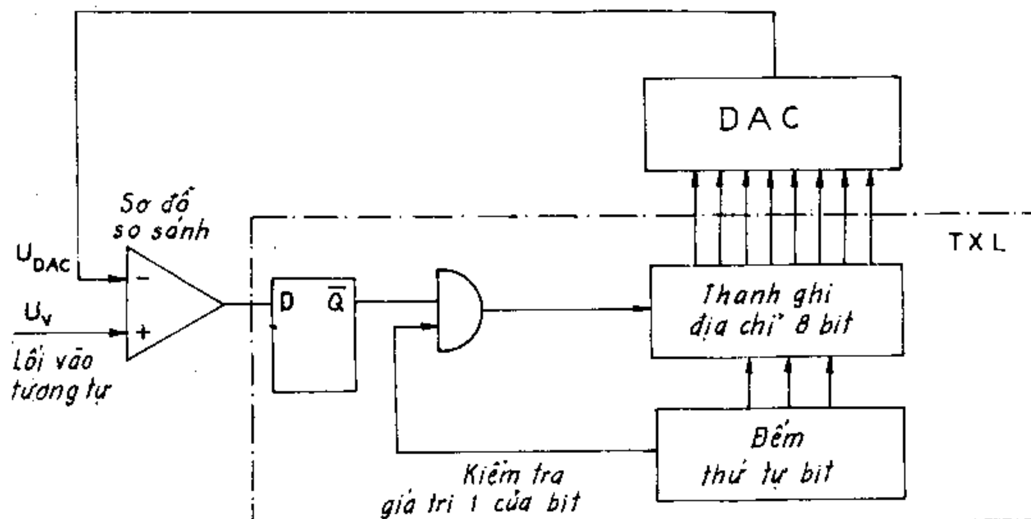
Dựa theo các nguyên lý trên, trong thực tế người ta sử dụng các loại *ADC* sau:

- *ADC* có đếm trực tiếp;
- *ADC* xấp xỉ liên tiếp;
- *ADC* sử dụng tần số trung gian;
- *ADC* dùng phép chuyển đổi theo độ rộng xung;
- *ADC* tích phân hai sườn.

Sau đây giới thiệu hai loại *ADC* đại diện cho phương pháp trực tiếp và gián tiếp.

5.6.2. *ADC* xấp xỉ liên tiếp (hay *ADC* so sánh theo từng bit)

ADC loại này có ưu điểm nổi bật là thời gian chuyển đổi chỉ tỷ lệ thuận với số bit của mã số đầu ra chứ không phụ thuộc vào độ lớn của điện áp cần chuyển đổi. Sơ đồ của *ADC* được giới thiệu ở hình 5-16.



Hình 5-16. Nguyên lý bộ ADC xấp xỉ liên tiếp

Để thực hiện quá trình chuyển đổi, người ta đặt lần lượt mỗi bit của mã số thanh ghi địa chỉ của thanh ghi xấp xỉ liên tiếp (*TXL*) lên giá trị 1, bắt đầu từ bit cao nhất (bit có giá trị lớn nhất). Ở đây *TXL* điều khiển lối vào của *DAC* theo trật tự sau:

1. Đặt bit cao nhất bằng 1 bởi bộ đếm thứ tự bit.

2. Nếu lối ra của mạch so sánh là 1 (nghĩa là $U_{DAC} > U_V$) thì bit này bị xóa về 0, nếu không thì giữ nguyên.

3. Đặt bít cao nhất tiếp theo bằng 1 rồi lập lại bước 2. Nếu tất cả các bit đã được xét thì quá trình chuyển đổi đã thực hiện xong.

Trên bảng 5-1 giới thiệu thí dụ *ADC* xấp xỉ liên tiếp kiểu *MC* 1406 với tín hiệu tương tự đầu vào là 82 mV (tương ứng sơ đồ ở hình 5-16).

Bảng 5-1.

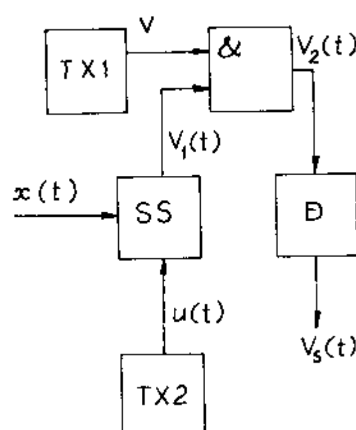
Thứ tự bit	Giá trị	Nội dung thanh ghi	Hiệu điện thế ra của DAC (U_{DAC},mV)	82mV (Có giữ giá trị bit hay không ?)
7 (bit dấu)		1 0 0 0 0 0 0 0	0	1
6 (bit cao nhất)	64 mV	1 1 0 0 0 0 0 0	+ 64	1
5	32 mV	1 1 1 0 0 0 0 0	+96	0
4	16 mV	1 1 0 1 0 0 0 0	+80	1
3	8 mV	1 1 0 1 1 0 0 0	+88	0
2	4 mV	1 1 0 1 0 1 0 0	+84	0
1	2 mV	1 1 0 1 0 0 1 0	+82	1
0	1 mV	1 1 0 1 0 0 1 1	+83	0
Kết quả		1 1 0 1 0 0 1 0		

Như vậy nội dung thanh ghi sau khi đã xét tất cả các bit từ cao xuống thấp là 11010010, chính là mã số chuyển đổi của tín hiệu đầu vào.

5.6.3. *ADC* dùng phép chuyển đổi theo độ rộng xung

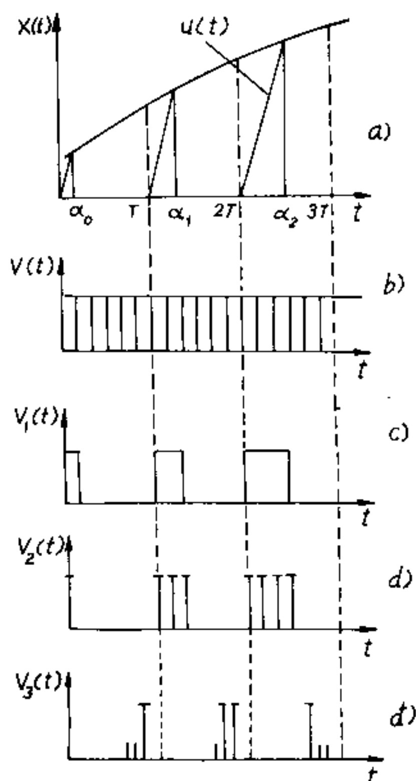
Ở phương pháp này độ rộng của xung được điều chế theo tín hiệu tương tự ở lối vào. Độ rộng này thay đổi tỷ lệ thuận với sự thay đổi giá trị của tín hiệu vào tương tự trong dải đo xác định.

Sau đây trình bày một ví dụ về việc tạo một tín hiệu số trên cơ sở một tín hiệu liên tục (hình 5-17) bằng phương pháp chuyển đổi theo độ rộng xung. Tín hiệu liên tục $x(t)$ được sơ sánh với tín hiệu đầu ra $u(t)$ của bộ tạo xung *TX*2. Xung $U(t)$ có dạng hình răng cưa biên độ thay đổi tuyến tính theo thời gian (hình 5-18a). Chu kỳ phát xung T gọi là chu kỳ lấy mẫu. Tại thời điểm $x(t) = U(t)$, bộ so sánh *SS* chấm dứt xung $v_1(t)$, do đó độ dài xung này tỷ lệ với giá trị của $x(t)$ tại các thời điểm α_0, α_1, α_2...



Hình 5-17. Sơ đồ khối của mạch tạo tín hiệu số từ tín hiệu liên tục

Bộ tạo xung cao tần $TX1$ cơ bản là khung dao động thạch anh, tạo ra những xung có biên độ bằng nhau, sau khi đi qua phần tử "VÀ" bị tách thành từng nhóm xung phân biệt có chứa thông tin về biên độ tín hiệu liên tục tại thời điểm đó. Bộ đếm D biến các nhóm xung này thành tín hiệu cơ số 2 có hai hay nhiều bit trở lên. Thí dụ 1 xung tương ứng với 001; 3 xung tương ứng với 011; 4 xung tương ứng với 100. Như vậy tín hiệu liên tục đã được biến thành tín hiệu số thuận tiện cho việc xử lý tiếp theo.



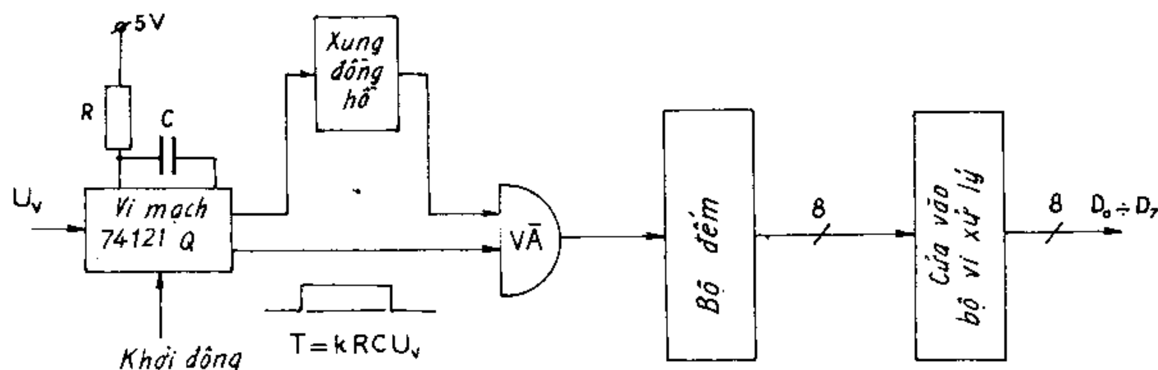
Hình 5-18. Biểu đồ thời gian của bộ chuyển đổi ADC theo độ rộng xung

Trên hình 5- 19 giới thiệu một trong những sơ đồ ADC thuộc loại này được dùng trên thực tế.

Ở đây việc chuyển đổi giá trị tương tự sang độ dài xung T được thực hiện bởi vi mạch 74SN121, thực chất là một mạch lật có một trạng thái ổn định. Thời gian T phụ thuộc vào các giá trị U_v, R, C. Để thực hiện một lần chuyển đổi, trước hết cần xóa bộ đếm, xóa mạch lật, sau đó mạch lật được khởi động bằng một xung do bộ vi xử lý tạo ra. Lối ra Q của mạch lật 74SN121 đưa vào cửa điều khiển bộ đếm, một lối ra khác được nối với bộ phát xung đồng hồ. Khi xung ra của mạch lật kết thúc, nội dung của bộ đếm chính là mã số ứng với tín hiệu cần chuyển đổi.

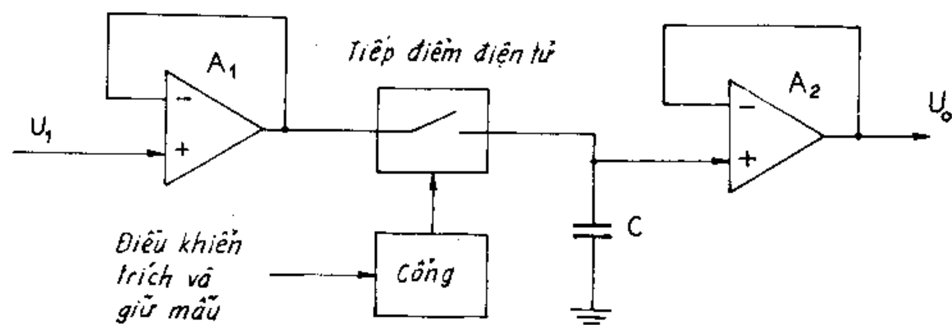
5.6.4. Mạch trích mẫu và giữ mẫu (mạch *SH*)

Đối với tín hiệu tương tự, mạch trích mẫu và giữ mẫu làm việc giống như mạch lật D làm việc với tín hiệu số. Theo lệnh từ phần lôgic, mạch SH lưu lại ở lối ra giá trị điện áp tương tự ở lối vào. Giá trị này được cất giữ và tồn tại ở lối ra cho đến khi nhận được lệnh



Hình 5-19. Sơ đồ sử dụng bộ chuyển đổi 74SN121

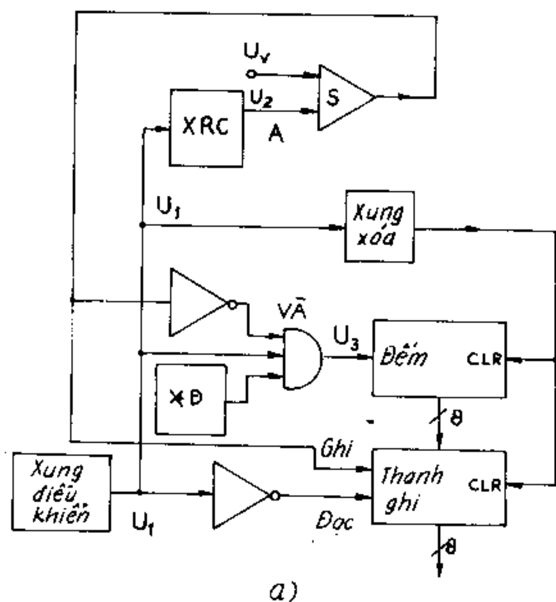
trích mẫu mới. Như vậy vai trò của mạch *SH* là để loại trừ những sai số sinh ra do điện áp ở đầu vào liên tục thay đổi trong khi quá trình chuyển đổi chưa kết thúc ở các bộ *ADC*. Các mạch *SH* cũng được sử dụng ở lối ra của các bộ chuyển đổi *DAC* để hạn chế nhiễu số (nhiễu xung kim) do tín hiệu số đang thay đổi. Ở đây lối ra của *DAC* sau khi thời gian xác lập đã trôi qua được trích mẫu và lưu lại giá trị thực của điện áp ra, những xung kim hoàn toàn được gạt bỏ.

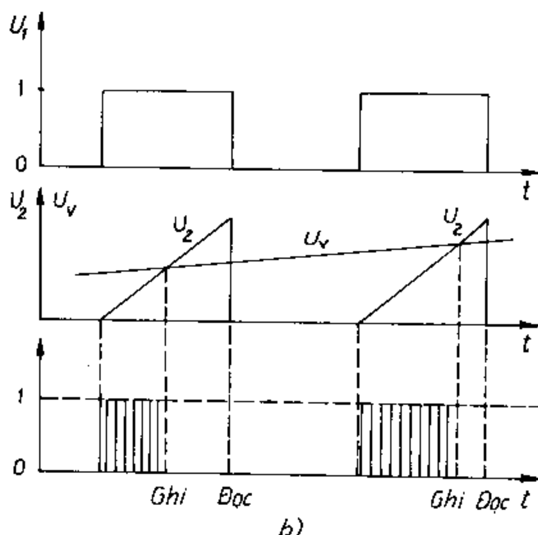


Hình 5-20. Sơ đồ mạch trích và giữ mẫu

Sơ đồ của mạch *SH* được giới thiệu trên hình 5-20. Nó bao gồm một tiếp điểm điện tử và một tụ điện. Ở đây hai khuếch đại thuật toán (*KTT*) được mắc dưới dạng khuếch đại đệm. Khuếch đại thuật toán A_1 có điện trở vào rất lớn, điện trở ra nhỏ, như vậy cho phép điện áp không bị suy giảm trên tiếp điểm điện tử và tụ điện được nạp nhanh hơn. Khi có tín hiệu điều khiển trích và giữ mẫu, tụ điện *C* được nạp điện để giữ mẫu đầu vào.

Khuếch đại thuật toán A_2 đóng vai trò đệm giữa tụ điện *C* và lối ra. Dòng thất thoát ở





Hình 5-21. Sơ đồ bộ biến đổi hiệu điện thế sang dạng số

tụ này nhỏ vì điện trở hở mạch của tiếp điểm điện tử và điện trở vào của A_2 khá lớn. Do đó tụ C có thể giữ điện áp trong thời gian khá lâu.

Các mạch SH thường được chế tạo trong một vỏ với tất cả các phần tử cần thiết như khuếch đại đệm, tiếp điểm điện tử, điều khiển, bên ngoài mắc thêm tụ điện C.

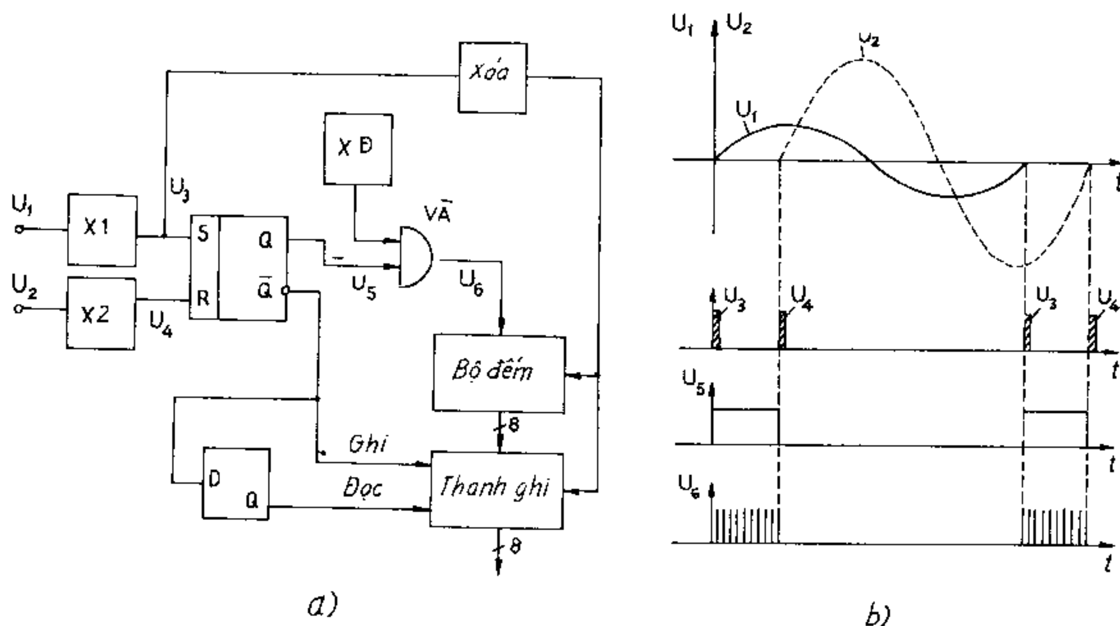
Như vậy mạch trích mẫu và giữ mẫu giữ chức năng lượng tử hóa tín hiệu theo mức. Trong thời gian chu kỳ T (thời gian lấy mẫu) đại lượng tương tự không thay đổi.

5.7. CÁC BỘ BIẾN ĐỔI HIỆU ĐIỆN THẾ, PHA VÀ TẦN SỐ SANG DẠNG SỐ

Việc biến đổi các đại lượng tương tự sang dạng số trong trường hợp tổng quát có thể tiến hành như đã nêu ở mục 5.6, tức là các đại lượng vật lý được đưa về dạng hiệu điện thế, sau đó dùng các bộ biến đổi ADC chuẩn để đưa sang dạng số. Trên thực tế có thể sử dụng những bộ chuyển đổi chuyên dụng giải quyết đồng thời hai quá trình trên.

5.7.1. Bộ biến đổi hiệu diện thế sang dạng số

Khá phổ biến là loại biến đổi dùng sơ đồ phát xung răng cưa mà nguyên lý của nó đã được nêu ở mục 5.6.3. Sơ đồ khối đầy đủ của bộ chuyển đổi loại này được trình bày trên hình 5-21a, còn nguyên lý làm việc được trình bày trên hình 5-21b. Xung điều khiển U_1 khởi động máy phát xung răng cưa XRC đồng thời xóa bộ đếm và thanh ghi 8 bit. Ngoài ra nó mở mạch VÀ (AND) cho phép xung đếm (XD) đi qua và bộ đếm bắt đầu đếm khi giá trị xung răng cưa $U_2 \geq U_v$ (U_v - hiệu điện thế cần chuyển đổi), tín hiệu đầu ra mạch so sánh S khóa mạch VÀ, đồng thời giá trị đầu ra của bộ đếm được phép ghi vào thanh ghi. Khi xung điều khiển U_1 tắt, nội dung thanh ghi (chính là mã số được chuyển đổi) được đọc sang phần sau, phần xử lý tín hiệu.



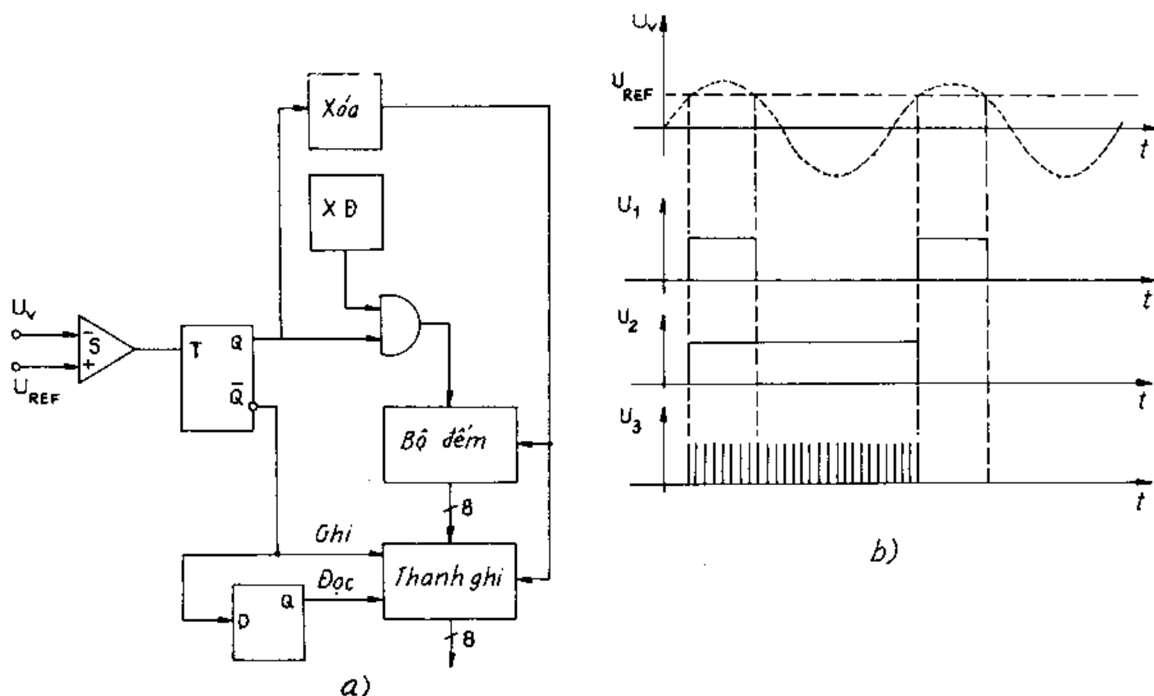
Hình 5-22. Sơ đồ khối bộ chuyển đổi giá trị lệch pha sang dạng số và nguyên lý làm việc của nó

5.7.2. Bộ biến đổi giá trị lệch pha sang dạng số

Sơ đồ khối của bộ chuyển đổi giá trị lệch pha sang dạng số được trình bày trên hình 5-22a, còn trên hình 5-22b giải thích nguyên lý làm việc của sơ đồ. Bộ tạo xung X_1 và X_2 tạo ra xung kim khi các hiệu điện thế hình sin U_1 và U_2 ở đầu vào đổi dấu từ âm sang dương. Ở đây X_1 và X_2 có thể là cái chỉ không *CK*. Khi có xung U_3 mạch lật *RS* sẽ chuyển đổi trạng thái sao cho U_5 có giá trị 1, còn xung U_4 có tác dụng làm cho mạch lật chuyển trạng thái $U_5 = 0$. Đối với các bộ đếm, thanh ghi hoạt động tương tự như trên. Mạch lật *D* ở đầu vào "ĐỌC" của thanh ghi dùng để làm chậm thời gian giữa thời điểm ghi vào thanh ghi và đọc nội dung thanh ghi.

5.7.3. Bộ biến đổi tần số

Sơ đồ và nguyên tắc hoạt động của bộ chuyển đổi tần số sang mã số tương tự như bộ chuyển đổi độ lệch pha (hình 5-23a,b).



Hình 5-23. Sơ đồ khối (a) và đồ thị thời gian (b) của bộ biến đổi tần số.

Như trình bày trên hình 5-22a bộ chuyển đổi này khác với bộ chuyển đổi độ lệch pha ở chỗ đầu vào có sơ đồ so sánh *S* thay cho mạch tạo xung X_1, X_2, và dùng mạch lật đếm *T* thay cho mạch lật *RS*.

Khi U_V tăng đến giá trị hiệu điện thế chuẩn U_{REF}, ở đầu ra mạch so sánh *S* xuất hiện lôgic 1 làm mạch lật *T* chuyển trạng thái. Bắt đầu từ thời điểm này, bộ đếm sẽ đếm những xung đếm. Mạch lật *T* chuyển sang trạng thái khác sau một chu kỳ, khi tín hiệu đầu ra mạch so sánh lại có lôgic 1. Sau đó trong phần chu kỳ không đo, tiến hành ghi và đọc nội dung thanh ghi. Như vậy ta tính được chu kỳ dòng điện và từ đó tính ra tần số.

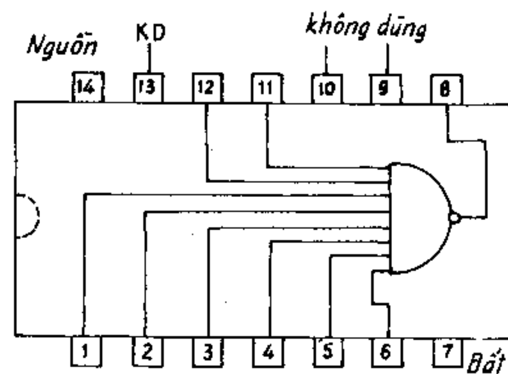
5.8. MỘT SỐ LINH KIỆN KỸ THUẬT SỐ THƯỜNG DÙNG TRÊN THỰC TẾ

Như trên đã nêu, dòng linh kiện kỹ thuật số phổ biến nhất là dòng *SN*74 của Mỹ. Thí dụ như 74*SN*00 chứa bốn phần tử VÀ - ĐẢO, 74*SN*02 chứa bốn phần tử HOẶC - ĐẢO, v.v... Chúng tương thích với nhau về mặt năng lượng do đó có thể mắc nối trực tiếp với nhau. Các hãng sản xuất hiện nay đã mô phỏng dòng linh kiện này để tạo ra các sản phẩm có chức năng tương đương và có sơ đồ các chân như các linh kiện gốc. Do đó dòng *SN*74 có thể coi như các linh kiện cơ bản của kỹ thuật số cần phải nắm vững. Hiện nay người ta đã chế tạo được các linh kiện *LS*74 có thể làm việc ở tần số cao, tiêu thụ ít năng lượng và đặc biệt là có điện trở đầu vào lớn, do đó khi thiết kế mạch, có thể loại bỏ các điện trở hạn chế dòng vào, vì vậy làm đơn giản hóa việc sử dụng các loại linh kiện này. Sau đây sẽ giới thiệu một số linh kiện kỹ thuật số được dùng tương đối phổ biến.

5.8.1. Mạch VÀ - ĐẢO 8 đầu vào 74*LS*30

Sơ đồ các chân của linh kiện được trình bày trên hình 5-24.

Vi mạch được chế tạo theo kiểu hai hàng chân. Ở một đầu có hình chữ nhật hay nửa hình tròn lõm vào để làm dấu. Các chân sát dấu này theo chiều ngược kim đồng hồ lần lượt là các chân số 1, số 2... đến số 14. Nếu chân số 1 ở góc vuông thứ nhất thì chân ở góc vuông thứ 2 thường là chân nối đất (chân 7) và chân ở góc vuông thứ 4 thường là chân nguồn được nối với nguồn 5 V (chân 14). Vi mạch làm việc kết hợp với bộ giải mã 74*LS*138 để giải mã địa chỉ trong các thiết bị sử dụng bộ vi xử lý.

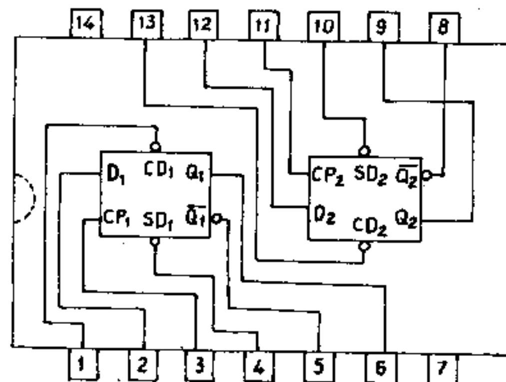


Hình 5-24. Vi mạch 74LS30

5.8.2. Hai mạch lật *D*: 74*LS*74

Vi mạch này được dùng để ghi nhớ các tín hiệu.

Sơ đồ các chân của linh kiện được trình bày trên hình 5-25. Linh kiện chứa hai mạch lật *D* giống nhau. Như ta đã biết, mỗi khi có xung đồng hồ ở đầu vào *CP*, mạch lật sẽ truyền trạng thái lôgic từ đầu vào *D* sang đầu ra không đảo *Q*. Để trạng thái của mạch lật là xác định, người ta đặt thêm các chân *CD* và *SD*. Khi chân *CD* có áp tích cực thấp, nội dung của mạch lật bị xóa, nghĩa là $Q = 0$, $\overline{Q} = 1$. Khi chân *SD* tích cực thấp, nội dung của mạch lật được thiết lập, nghĩa là $Q = 1$, $\overline{Q} = 0$. Dấu tròn ở các đầu vào này có nghĩa là mạch lật sẽ chịu tác động nếu áp trên các đầu vào nằm trong khoảng $0 \div 0{,}4$ V (tức là ở mức tích cực thấp). Để tham khảo có thể xem thêm mục 9.9.1.

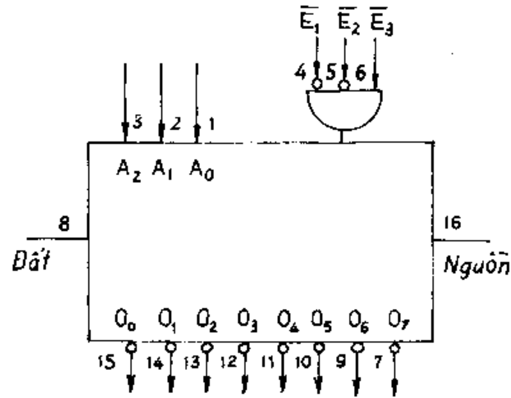


Hình 5-25. Vi mạch 74LS74

5.8.3. Bộ giải mã 8 đầu ra $74LS138$

Bộ giải mã này được sử dụng trong các sơ đồ giải mã địa chỉ. Sơ đồ lôgic của bộ giải mã $74LS138$ trình bày trên hình 5-26.

Bộ giải mã căn cứ vào mã cơ số 2 của tín hiệu điều khiển để tạo ra tín hiệu điều khiển đó. Với ba đầu vào A_0, A_1, A_2 của mã số, ta tạo ra được $2^3 = 8$ tín hiệu điều khiển khác nhau đưa ra ở 8 đầu ra khác nhau. Bộ giải mã chỉ có thể làm việc nếu đồng thời $E_1 = 0$, $E_2 = 0$ và $E_3 = 1$.



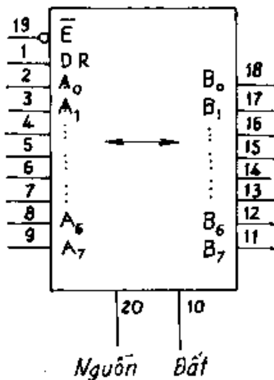
Hình 5-26. Bộ giải mã 74LS138

5.8.4. Bộ đệm 8 bit $74LS245$

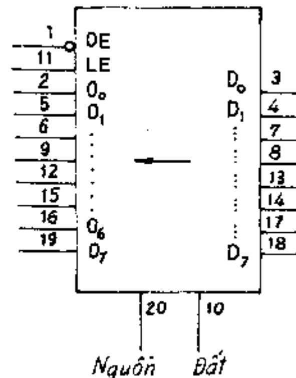
Thường được đặt ở cổng nối với các thiết bị ngoại vi hoặc với các bản mạch khác.

Sơ đồ lôgic của bộ đệm $74LS245$ được trình bày trên hình 5-27. Chức năng của bộ đệm trong mạch điện tử gần giống như máy cắt của mạng lưới điện. Nó ngăn cách về mặt vật lý hai mảng mạch hoặc nối chúng với nhau tùy theo tín hiệu điều khiển. Nếu $E = 1$ các dây bit A sẽ ngăn cách với các dây bit phía đầu B. Nếu $E = 0$, tín hiệu sẽ được chuyển từ đầu A sang đầu B khi $DR = 1$ và chuyển từ đầu B sang đầu A khi $DR = 0$.

Ngoài ra bộ đệm còn có chức năng khuếch đại các tín hiệu yếu từ bộ vi xử lý đi ra hoặc từ các thiết bị ngoại vi tới để các linh kiện số tiếp theo có thể làm việc bình thường.



Hình 5-27. Bộ đệm 74LS245



Hình 5-28. Bộ chốt 74LS373

5.8.5. Bộ chốt 8 bit $74LS373$, $74LS374$

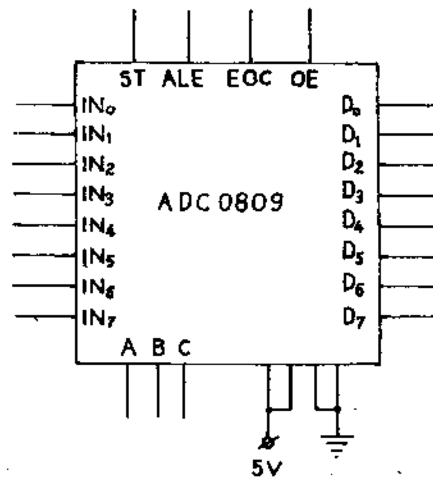
Các bộ chốt này được dùng để giữ các tín hiệu bit song song. Cấu tạo bên trong của chúng bao gồm các mạch lật. Sơ đồ lôgic của chúng được trình bày trên hình 5-28.

Khi có xung cho phép chốt LE, bộ chốt sẽ chốt số liệu 8 bit theo các đầu vào $D_0 \div D_7$ và nhớ ở bên trong. Khi có xung cho phép lấy số liệu OE tích cực thấp, số liệu 8 bit sẽ được đưa ra ở 8 đầu ra $O_0 \div O_7$ và giữ ở đó. Ở bộ chốt $74LS373$, xung cho phép chốt LE phải ở

dạng tích cực cao, còn ở bộ chốt 74*LS*374 xung *LE* ở dạng sườn tín hiệu, do đó khả năng sử dụng cao hơn (vì không cần bộ đảo khi tín hiệu điều khiển ở dạng tích cực thấp).

5.8.6. Bộ chuyển đổi tương tự - số *ADC* 0809

Sơ đồ các chân của bộ chuyển đổi trình bày trên hình 5-29. Bộ chuyển đổi thuộc loại xấp xỉ liên tiếp 8 bit với 8 đầu vào cho các tín hiệu tương tự *IN*0, *IN*1, ..., *IN*7. Việc chọn tín hiệu tương tự được thực hiện bởi các chân địa chỉ *A, B, C*, từ 000 đến 111 tương ứng với *IN*0 cho đến *IN*7. Việc lựa chọn này chỉ thực sự tiến hành khi chân cho phép chốt địa chỉ *ALE* = 1.



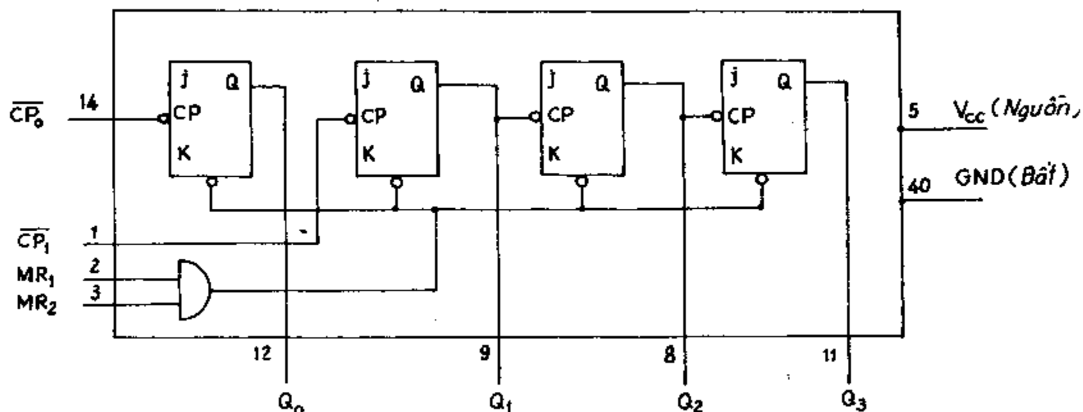
Hình 5-29. Bộ chuyển đổi ADC 0809

Để khởi động chuyển đổi, cần cho một xung điều khiển vào chân "khởi động" *ST*. Khi kết thúc chuyển đổi, *ADC* 0809 sẽ phát ra từ chân "kết thúc chuyển đổi" *EOC* một xung báo hiệu. Khi đó có thể cho một xung vào chân "lấy số liệu ra" *OE* để nhận được mã số đã được chuyển đổi của tín hiệu tương tự ở chân số liệu số 8 bit từ D_0 đến D_7. Bộ chuyển đổi làm việc rất phù hợp với các bộ vi xử lý 8 bít, 16 bít. Nó được dùng để đo điện áp hoặc dòng tại 8 điểm khác nhau cùng một lúc.

5.8.7. Bộ đếm cơ số hai 4 bit 74LS93

Sơ đồ lôgic của bộ đếm được trình bày trên hình 5-30.

Nguyên tắc làm việc của bộ đến 74*LS*93 tương tự với bộ đếm trình bày trên hình 5-12. Tuy nhiên ở bộ đếm này có xét đến khả năng sử dụng như bộ đếm 3 bít, nếu như ta cho xung đồng hồ vào chân $\overline{CP}_1$. Còn nếu sử dụng như bộ đếm 4 bit cần phải nối chân Q_0 với



Hình 5-30. Bộ đếm 74LS93

chân $\overline{CP}_1$ và cho xung vào chân $\overline{CP}_0$. Nếu chân MR_1 và MR_2 đồng thời tích cực cao thì bộ đếm luôn luôn ở trạng thái xóa, khi đó mặc dù có xung ở đầu vào *CP* nhưng bộ đếm không đếm, các bít ra đều có giá trị lôgic 0.

Có thể sử dụng bộ đếm 74*LS*93 như bộ chia tần: chia 2, chia 4, chia 8 và chia 16. Nếu muốn nhận tín hiệu có tần số giảm đi hai lần thì chọn đầu ra Q_0, nếu muốn tần số giảm 4 lần thì chọn đầu ra Q_1, v.v... (xem thêm mục 9.9.3).

5.9. CÁC BỘ NHỚ DÙNG TRONG KỸ THUẬT SỐ

Để thiết bị kỹ thuật số có thể hoạt động theo chế độ tự động, nó phải được điều khiển theo chương trình. Các thông tin trong thiết bị trong quá trình thu nhận xử lý, hiển thị cần phải được lưu giữ trong những bộ phận đặc biệt. Chức năng lưu trữ thông tin như vậy được thực hiện bởi các phần tử gọi là bộ nhớ. Căn cứ vào khả năng vào/ra thông tin, người ta chia các bộ nhớ thành hai loại chính: bộ nhớ chỉ đọc và bộ nhớ truy nhập ngẫu nhiên.

5.9.1. Bộ nhớ chỉ đọc (Read Only Memory: ROM)

Thông tin trong bộ nhớ chỉ được phép đọc ra chứ không thể ghi vào được. Đây là bộ phận rất quan trọng của thiết bị kỹ thuật số. Khi thiết bị được nối nguồn, *ROM* sẽ điều khiển trong chế độ khởi động, đưa thiết bị vào vị trí sẵn sàng làm việc. Nó kiểm tra tình trạng làm việc của từng bộ phận, điều khiển việc trao đổi thông tin giữa các đơn vị phần cứng, qui định các tiêu chuẩn gốc cho các thông số, đề ra các chương trình làm việc... Tóm lại, trong *ROM* chứa tất cả các thông tin cần thiết để thiết bị kỹ thuật số làm việc được như một thiết bị tự động. Để chu trình làm việc của thiết bị khỏi bị rối loạn do các yếu tố bên ngoài, nhà sản xuất chỉ cho phép lấy thông tin từ nó ra chứ không cho ghi thông tin từ bên ngoài vào, vì việc ghi thông tin đồng nghĩa với việc xóa các thông tin gốc.

Trong các thiết bị sử dụng bộ vi xử lý, *ROM* chính là bộ khởi động và hoạch định chế độ làm việc của nó. Ở đây *ROM* thường được dùng dưới dạng điều khiển cơ chế vào/ra thông tin cơ bản (*ROM - BIOS*). Loại *ROM-BIOS* này có thể có hai vi mạch làm việc song song với nhau để tăng độ tin cậy.

ROM về thực chất là một ma trận các ô nhớ gồm cột và hàng. Mỗi ô về mặt cấu tạo là một điôt hoặc tranzito tùy theo khả năng dẫn điện thì có giá trị lôgic 1, còn ngược lại có giá trị lôgic 0 (xem hình 4- 11). Việc tạo giá trị lôgic phụ thuộc công nghệ ghi thông tin của mỗi nhà sản xuất. Hầu hết các *ROM* có mỗi hàng ma trận chứa một hay nhiều byte thông tin. Thí dụ linh kiện 4732 *ROM* chứa 32 kilôbit thông tin, điều này tương đương với ma trận 4096 x 8. Linh kiện 47256 *ROM* có tổ chức 32.768 x 8, tức là có thể chứa 32 KByte thông tin với mỗi bai (byte) bằng 8 bit.

5.9.2. Bộ nhớ truy nhập ngẫu nhiên (Random Access Memory: RAM)

Bộ nhớ loại này còn gọi là bộ nhớ đọc/ghi. Khác với *ROM*, ở bộ nhớ đọc/ghi *RAM* người ta có thể đọc thông tin ra hoặc ghi thông tin vào nó. Nó được dùng để lưu trữ các thông tin có độ bền vững kém hơn so với *ROM*. Thông tin nhớ trong nó thường không bền vững vì chúng có thể bị xóa đi khi thông tin mới được ghi vào hoặc do bộ nhớ bị mất nguồn cung cấp.

RAM thường có hai loại : loại tĩnh và loại động. Loại tĩnh (*SRAM*) được tạo thành từ các ô nhớ kiểu mạch lật, nó chỉ có thể đổi trạng thái từ cao sang thấp và ngược lại khi có tín hiệu ghi từ bên ngoài. Loại này có độ nhớ ổn định cao,nhưng linh kiện có khả năng chứa ít thông tin và giá thành ghi nhớ một đơn vị KByte thông tin lớn.

Loại động (*DRAM*) có các ô nhớ là các tụ. Tụ được nạp tương ứng với giá trị lôgic cao và không được nạp tương ứng với giá trị lôgic thấp. Loại này có độ ổn định thông tin kém hơn so với loại tĩnh. Điện tích trên các tụ phải thường xuyên được nạp lại (hoặc làm "tươi" lại) để phục hồi sự suy giảm tín hiệu do các dòng rò, có như vậy thông tin mới không bị mất. Ô nhớ cơ sở của *DRAM* sử dụng các tranzito kiểu trường (*IGFET*) nên độ tích hợp của nó tăng lên đáng kể, vì vậy giá thành ghi nhớ một KByte thông tin giảm đi nhiều.

5.9.3. Bộ nhớ chỉ đọc, lập trình được, xóa được (EPROM)

Ngoài các bộ nhớ *ROM, RAM* còn tồn tại loại trung gian *EPROM*. Đó là bộ nhớ chỉ đọc song có thể lập trình được, xóa được và lập trình lại được. Thay vì sử dụng điôt hoặc tranzito trường có trong các bộ nhớ, người ta sử dụng tranzito trường loại đặc biệt kiểu *MOSFET*. Khi ta cho điện áp ghi khoảng 20 ÷ 25 V giữa cực nguồn và cực máng của một *EPROM* sẽ xảy ra hiện tượng "hiệu ứng dòng thác" làm cho cực lưới mất khả năng làm việc bình thường và xử sự giống như bị đứt mạch. Nó sẽ không dẫn điện nữa và giá trị lôgic thấp được ấn định cho ô nhớ. Các ô khác không bị đặt điện áp ghi sẽ vẫn dẫn điện và cho giá trị lôgic cao khi được truy nhập tới.

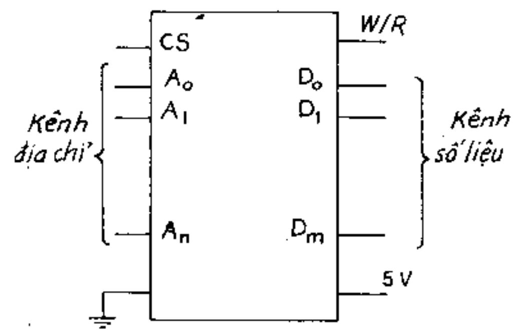
Ngoài ra trong *EPROM* còn sử dụng một khả năng đặc biệt. Nếu ta phơi vi mạch trần dưới tia cực tím khoảng nửa giờ, "hiệu ứng dòng thác" sẽ dừng lại và các cổng lại dẫn điện, các bit sẽ có giá trị lôgic cao. Nói cách khác, chương trình trong *EPROM* đã bị xóa, nó có thể sử dụng lại được. Trong chế độ chỉ đọc, *EPROM* làm việc giống hệt một *ROM* bình thường.

Sau khi ghi lại chương trình mới ta phải bịt kín ánh sáng có chứa tia cực tím để thông tin trong *EPROM* khỏi bị xóa.

Hiện nay người ta còn sử dụng một số loại *EPROM* có thể ghi xóa được bằng điện, chúng được ký hiệu là *EEPROM* hoặc E^2PROM.

5.9.4. Nguyên tắc làm việc của bộ nhớ

Hình 5-31 trình bày sơ đồ nguyên lý tổng quát của một bộ nhớ đọc / ghi (*RAM*). Khi ta cho tín hiệu điều khiển tới *CS* (Chip Select - Chọn vi mạch), bộ nhớ sẽ được đưa vào hoạt động. Nếu ta chọn chân *W/R* (Ghi/Đọc) có giá trị lôgic 1, bộ nhớ sẽ cho phép ghi thông tin vào bên trong. Muốn vậy ta phải chọn địa chỉ thông qua kênh địa chỉ từ A_0 - A_n cho *m* ô nhớ bên trong. Việc còn lại chỉ là ghi thông tin từ kênh số liệu vào *m* ô nhớ đó.



Hình 5-31. Sơ đồ lôgic của bộ nhớ

Quá trình đọc thông tin ra cũng tương tự,

chỉ khác là chân *W/R* được cho giá trị lôgic 0. Khi đó nội dung của *m* ô nhớ sẽ được ghi ra kênh số liệu để truyền tới nơi nhận.

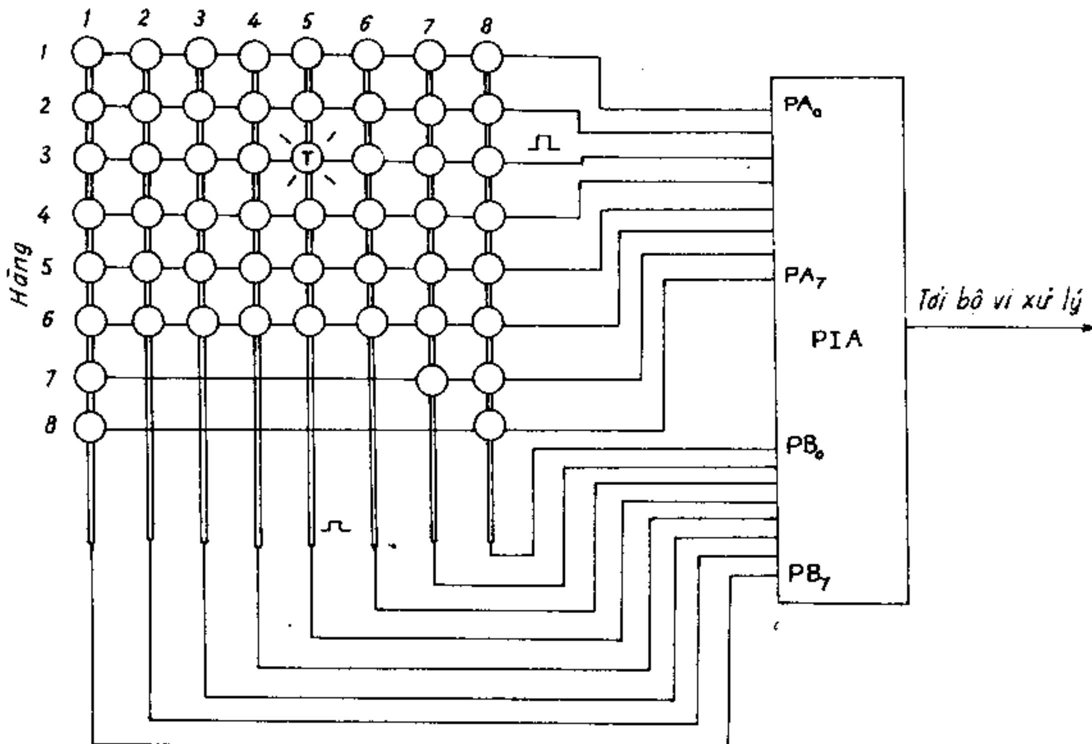
Trên thực tế, trong nhiều trường hợp *m* bit thông tin của kênh số liệu có thể được ghi nhớ trong *m* vi mạch giống hệt nhau. Khi đó việc ghi và đọc thông tin đồng thời tác động đến *m* vi mạch này. Chúng được mắc song song với nhau và có chung địa chỉ, mỗi vi mạch có một đầu vào/ra số liệu. Nếu mỗi vi mạch nhớ được *p* kilôbit thì *m* vi mạch song song sẽ nhớ được *pxm* kilôbit.

Đối với các bộ nhớ *ROM*, nguyên tắc làm việc cũng gần giống như vậy. Ở đây chỉ có thao tác đọc thông tin ra, còn việc ghi thông tin vào không thực hiện được trong suốt quá trình sử dụng thiết bị.

5.10. BÀN PHÍM CỦA CÁC THIẾT BỊ SỐ

Bàn phím được sử dụng cho mục đích vào số liệu cho thiết bị kỹ thuật số. Thí dụ khi ta muốn chỉnh định giá trị đặt cho rơle số, điều này được thực hiện thông qua bàn phím. Tùy theo số lượng phím của thiết bị số, bàn phím được chia làm hai loại: loại không mã hóa và loại có mã hóa theo mã ASCII.

Nguyên tắc chung của chúng là các phím ấn được đặt trên các giao điểm của một ma trận. Ở loại bàn phím có số phím nhỏ hơn hoặc bằng 16, người ta thường dùng loại bàn phím không mã hóa, mỗi khi ấn phím sẽ tạo ra tín hiệu qui ước dạng tín hiệu hoặc mã cơ số 2 đơn giản truyền tới bộ vi xử lý. Ở loại bàn phím có mã hóa theo mã ASCII (Tiêu chuẩn



Hình 5-32. Sơ đồ bàn phím kiểu ma trận

mã thông tin của Mỹ), khi ấn phím, tùy theo vị trí của hàng và cột, bộ vi xử lý sẽ lấy thông tin của bộ nhớ gọi là *ROM* ký tự để tạo ra mã tương ứng với ký tự trong bảng mã ASCII. Mã ASCII được tạo ra sẽ được nhớ trong video *RAM* để xử lý tiếp.

Trên hình 5-32 trình bày sơ đồ nguyên lý của một mạch xử lý tín hiệu từ bàn phím. Khi ta ấn phím *T*, đầu vào *PA*2 và *PB*4 được nối tắt với nhau, còn các đầu vào khác hở mạch. Vi mạch phối ghép phần tử ngoại vi (*PIA*) sẽ tạo ra tín hiệu tương ứng với tổ hợp nối tắt này ở dạng mã bàn phím truyền tới bộ vi xử lý. Bộ vi xử lý sử dụng mã bàn phím để đọc *ROM* ký tự. Về phần mình, *ROM* ký tự sẽ cho bộ vi xử lý mã ký tự dạng ASCII do người sản xuất thiết kế phông chữ. Phông chữ này sẽ được ghi nhớ ở video *RAM* chờ hiển thị ra màn hình.

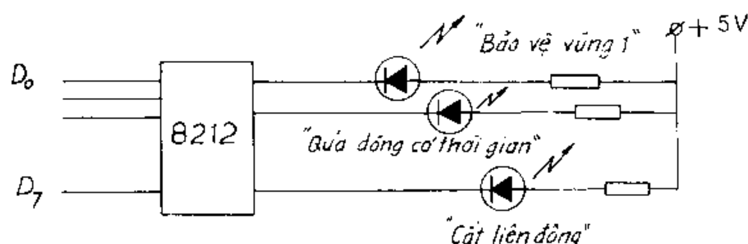
5.11. CÁC PHƯƠNG PHÁP HIỂN THỊ THÔNG TIN TRONG PHẦN TỬ KỸ THUẬT SỐ

5.11.1. Điôt phát sáng (LED)

Điôt phát sáng (LED) là loại điôt biến điện năng thành quang năng: lớp tiếp xúc *n - p* của nó sẽ phát sáng khi bị kích bởi dòng điện một chiều sinh ra từ một điện áp thấp. Điện áp thuận trên điôt thường cố định từ 1,8 đến 2,4 V, dòng làm việc khoảng 20 ÷ 24 mA.

Nói chung đầu ra của phần lớn các mạch lôgic (thí dụ như họ linh kiện 7400) đều không kích nổi một *LED* vì chúng cho dòng không quá 20 mA. Vì lẽ đó, người ta sử dụng một vài kiểu vi mạch khuếch dòng như ở hình 5-33 để kích các đèn *LED* từ đầu ra của các vi mạch lôgic $D_0 \div D_7$.

Các đèn *LED* được sử dụng rộng rãi trong các thiết bị số để hiển thị thông tin về trạng thái làm việc của chúng, các chế độ sự cố của đường dây hoặc đối tượng nó bảo vệ cũng như sự kích hoạt các chức năng bảo vệ tương ứng (như đối với các rơle khoảng cách, rơle bảo vệ so lệch máy biến áp...).



Hình 5-33. Sơ đồ báo tín hiệu dùng đèn LED

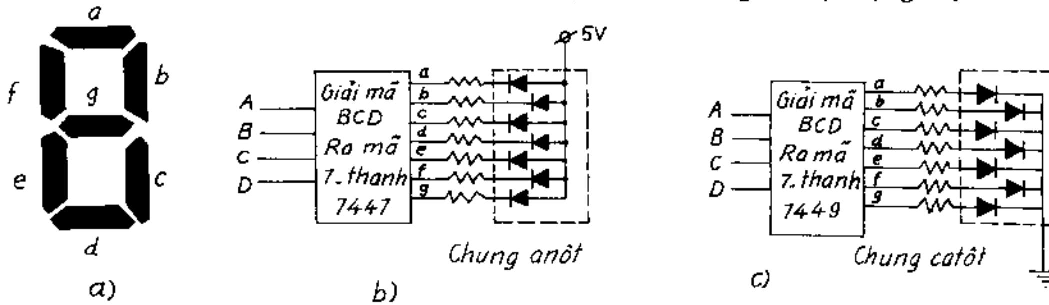
5.11.2. Các bộ hiển thị bảy thanh

Các chữ số thập phân và một số chữ cái có thể được hiển thị bằng bộ *LED*-7 thanh như trên hình 5-34a. Ở đây mỗi thanh có thể có một hoặc hai *LED*. Có hai loại hiển thị 7 thanh: một loại có anôt (b) nối chung và loại kia có catôt nối chung (c).

Để kích các bộ chỉ thị 7 - thanh, người ta sử dụng các bộ giải mã cơ số 2 hoặc mã *BCD* (mã cơ số 10 với mỗi chữ số được biểu diễn ở cơ số 2) sang mã điều khiển bộ 7 thanh. Thí dụ khi đầu vào là số 2, các thanh *a, b, d, e, g* sẽ phát sáng (hình 5-34a).

Các bộ chỉ thị bảy thanh sử dụng *LED* có nhược điểm là cồng kềnh, tiêu thụ nhiều năng lượng (không dùng pin lâu được) và khả năng hiển thị thông tin còn hạn chế. Hiện

nay trong các thiết bị kỹ thuật số, người ta sử dụng rộng rãi các bộ hiển thị dùng màn hình tinh thể lỏng. Nguyên lý làm việc của nó tương tự như của bộ hiển thị bảy thanh, tuy nhiên có điểm khác là số lượng thanh có thể tăng (dạng ma trận điểm) và tiêu thụ rất ít năng lượng (tới 10^{-5}W). Thực chất mỗi đoạn hiển thị tinh thể lỏng là một dạng điện trở làm từ

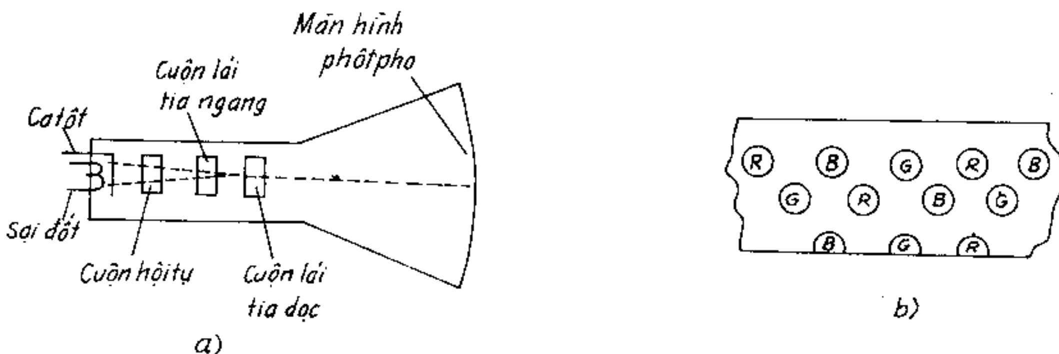


Hình 5-34. Các sơ đồ điều khiển bộ hiển thị bảy thanh

kim loại vô định hình. Khi không có dòng điện chạy qua, các tinh thể kim loại sắp xếp hỗn độn, khi đó đoạn hiển thị không màu. Khi có dòng điện chạy qua, các tinh thể này sắp xếp lại dọc theo điện trường, đoạn hiển thị đổi màu. Người ta lợi dụng tính chất này để sử dụng trong việc hiển thị thông tin. Màu của đoạn hiển thị thường là màu đen, song hiện nay người ta đã chế tạo được các thanh hiển thị đa sắc.

5.11.3. Hiển thị thông tin dùng màn hình kiểu tivi

Trên hình 5-35 trình bày sơ đồ nguyên lý của màn hình kiểu này. Đây là loại ống hình dùng tia quét do catôt phát ra (*CRT*). Ở đây sợi dây đốt nóng (catôt) sẽ phát ra luồng điện tử. Cuộn hội tụ sẽ hội tụ hoặc phân tán chùm tia làm thay đổi độ tương phản sáng tối. Quỹ đạo của chùm tia vẽ trên màn hình phôtpho được điều khiển bởi hai cuộn lái tia ngang và dọc. Chùm điện tử đập vào phân tử phôtpho làm nó phát sáng trên bề mặt màn hình, đây là nguyên lý làm việc của màn hình đen trắng (monochrome). Màn hình màu có một số đặc điểm khác với màn hình đen trắng. Màu sắc của các hình ảnh trên màn hình được tạo bởi ba màu cơ bản: xanh lá cây (G), xanh da trời (B) và đỏ (R) do các chất phát quang khi bị chùm tia quét kích thích. Bề mặt của màn hình gồm vô số các điểm phản ứng có ba màu



Hình 5-35.

cơ bản như thế (hình 5-35b). Ba chùm tia điện tử tạo bởi ba sợi đốt khác nhau (B, G, R) được điều khiển bởi các cuộn hội tụ và lái tia khi đi qua màn lọc sẽ làm phát sáng các điểm trên màn hình và tạo ra các hình ảnh có màu sắc tự nhiên, là tổ hợp của ba màu cơ bản trên đây.

Đối với các màn hình dùng cho máy tính và các thiết bị tự động khác có hai chế độ làm việc như sau:

- Chế độ đồ họa (graphic), chức năng gần giống màn hình tivi đã nêu ở trên
- Chế độ văn bản (text): dùng để hiển thị các số, ký hiệu và các chữ cái. Thí dụ đối với màn hình có độ phân giải 25 dòng - 80 cột sẽ có tất cả 2000 ô khác nhau (25 x 80). Mỗi ô có kích thước 8 x 12 điểm, trong đó phần hiển thị thông tin 5 x 7 điểm. Chùm tia điện tử quét trên bề mặt màn hình theo trình tự như sau: lần lượt quét từng dòng, hết dòng chuyển tới đầu dòng tiếp theo. Với mật độ mỗi ô có 8 cột 12 dòng như trên, tia điện tử phải quét 12 x 25 = 300 dòng. Số đốm sáng trên mỗi dòng sẽ là 8 x 80 = 640 đốm.

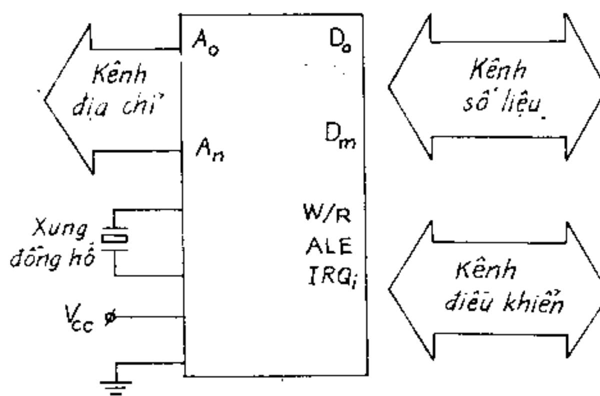
Thông tin trước khi hiển thị ra màn hình được lưu trữ ở video *RAM*. Mỗi ký tự cần tới hai byte nhớ: byte thứ nhất chứa mã ASCII của ký tự, byte thứ hai chứa các bit điều khiển như độ nháy, độ sáng, độ tương phản, xung đồng bộ. Với 2000 ký tự trên màn hình video *RAM* cần 4 Kbyte nhớ. Video *RAM* là một phần trong bản đồ bộ nhớ, địa chỉ khởi đầu của nó ứng với ký tự đầu tiên góc phía cao bên trái của màn hình, địa chỉ cuối cùng ứng với ký tự cuối cùng góc phía dưới bên phải.

Hai byte của ký tự sẽ được bộ điều khiển màn hình xử lý thành tín hiệu điều khiển chùm điện tử quét màn hình một cách tương ứng để hiển thị ký tự trên màn hình như mong muốn.

5.12. BỘ VI XỬ LÝ

Hiện nay trong các thiết bị kỹ thuật số dùng trong ngành điện lực, người ta sử dụng phổ biến bộ vi xử lý. Đây là bộ phận trung tâm của thiết bị, nó hoạt động hoàn toàn tự động theo một chương trình đặt sẵn chứa trong bộ *ROM* bên trong hoặc ở bên ngoài (*ROM-BIOS*). Bộ lệnh điều khiển như vậy chính là hệ điều hành của thiết bị, nó thường được viết ở dạng mã máy nên tốc độ điều khiển rất nhanh. Khả năng ứng dụng của bộ vi xử lý hoàn toàn phụ thuộc vào hệ điều hành này.

Trên hình 5-36 trình bày sơ đồ chức năng đơn giản nhất của một bộ vi xử lý. Nó được nối với thế giới bên ngoài qua chân xung đồng hồ, kênh địa chỉ, kênh số liệu, kênh điều khiển và tất nhiên với một bộ nguồn nuôi một chiều.



Hình 5-36. Sơ đồ chức năng đơn giản của bộ vi xử lý

Tốc độ tính toán của bộ vi xử lý phụ thuộc vào tần số của bộ tạo

xung. Đối với bộ vi xử lý 16 bit, tần số dao động có thể đạt 20 MHz. Hiện nay đối với các bộ vi xử lý 32 hoặc 64 bit, tốc độ dao động có thể lên tới hàng trăm MHz.

Thông qua kênh địa chỉ và kênh điều khiển, bộ vi xử lý chủ động kích hoạt các linh kiện phần cứng và trao đổi thông tin qua lại giữa nó với các linh kiện này thông qua kênh số liệu.

Để quá trình trao đổi thông tin này diễn ra trôi chảy, mỗi đơn vị phần cứng được gán cho một địa chỉ. Nếu kênh địa chỉ có *n* dây bit, bộ vi xử lý có thể quản lý tới 2^n đơn vị phần cứng khác nhau. Để kích hoạt một đơn vị phần cứng, bộ vi xử lý phát qua kênh địa chỉ địa chỉ của nó dưới dạng mã cơ số 2: điện áp cao của dây bit tương ứng với giá trị lôgic 1, điện áp thấp tương ứng với giá trị lôgic 0. Bộ giải mã căn cứ vào các trạng thái này để kích hoạt đúng đơn vị phần cứng mong muốn, còn các phần tử khác thì không.

Các đơn vị phần cứng này có thể là các thanh ghi của các bộ nhớ như *ROM-BIOS*, *RAM* động, *ROM* ký tự hoặc video *RAM*. Chúng cũng có thể là các linh kiện vào/ra để nối với các phần tử ngoại vi như bàn phím, màn hình, cổng truyền dữ liệu tới các thiết bị khác v.v...

Ngoài chức năng đọc và ghi thông tin, bộ vi xử lý còn có chức năng rất quan trọng là xử lý thông tin thu nhận được. Nó thực hiện các phép tính số học, các phép tính so sánh v.v... để căn cứ vào kết quả nhận được sẽ phát ra tín hiệu điều khiển. Thí dụ trong rơle khoảng cách, bộ vi xử lý căn cứ vào giá trị dòng và áp đo được tại một điểm, sẽ tính toán giá trị tổng trở của điểm đó và so sánh kết quả với đặc tuyến tác động lưu trữ trong bộ nhớ kiểu *CMOS RAM* để quyết định có cho phép bảo vệ tác động hay không.

Trong một số rơle bảo vệ hiện nay, do cần đảm bảo độ chính xác cao nên nhu cầu thu thập thông tin rất lớn, do đó một số bộ vi xử lý không có đủ khả năng vừa đảm bảo chức năng đọc ghi thông tin, vừa đảm bảo chức năng tính toán. Vì vậy người ta có thể sử dụng song song hai bộ vi xử lý. Chức năng nào được dùng nhiều hơn, người ta dùng loại vi xử lý tương ứng có công suất mạnh hơn. Các bộ vi xử lý hiện nay được sử dụng trong các thiết bị tự động ngành điện lực thường được phân thành hai nhóm chính: nhóm theo tiêu chuẩn của bộ vi xử lý 8080 do hãng IBM khởi xướng (như 808X6, Pentium ... của nhà sản xuất Intel) và nhóm theo tiêu chuẩn của bộ vi xử lý 68000 của nhà sản xuất Motorola do hãng Apple khởi xướng. Các bộ vi xử lý thường được dùng trong các loại rơle bảo vệ, các bộ PLC, các hệ tự động trạm... đều có khả năng tính toán mạnh. Ngoài ra, người ta còn sử dụng số lượng lớn hơn các bộ vi điều khiển lập trình được (còn gọi là chíp nhúng) giá rẻ có độ tích hợp thấp hơn trong nhiều ứng dụng khác nhau như điều khiển nhiệt độ, các bộ phận truyền động, các hệ điều khiển ... Chúng thường có tốc độ vào ra thông tin cao nhưng khả năng tính toán kém.

5.13. THIẾT KẾ CÁC MẠCH KỸ THUẬT SỐ

Người ta sử dụng nhiều phương pháp thiết kế mạch kĩ thuật số tùy theo độ tích hợp của vi mạch được sử dụng. Sau đây chỉ giới thiệu phương pháp đơn giản nhất.

Phương pháp này thường được dùng để thiết kế các bộ điều khiển số sử dụng các linh kiện cơ bản VÀ, HOẶC, ĐẢO. Bộ điều khiển có *m* đầu vào và *n* đầu ra. Cần phải thiết kế sao cho với mỗi tổ hợp *m* đầu vào (mỗi đầu vào nhận giá trị 1 hoặc 0) ta có tương ứng *n*

đầu ra xác định. Thí dụ, cần phải thiết kế bộ điều khiển chỉ thị bảy thanh (hình 5-37a) với sơ đồ khối (hình 5-37b) và bảng sự thật (hình 5-37c), sao cho với mỗi số cơ số 2 ở đầu vào, các thanh *LED* ở đầu ra sẽ phát sáng chỉ thị số cơ số 10.

Khái niệm "từ tối giản" (minterm).

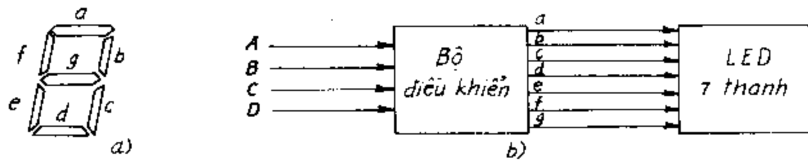
Từ tối giản là tích lôgic của các đầu vào sao cho mỗi biến đầu vào tham dự trong tích một lần và chỉ một lần. Thí dụ với bốn biến đầu vào như bộ điều khiển chỉ thị 7 thanh các từ tối giản như sau:

$$\left.\begin{array}{ll} m_0 = A'B'C'D' & \\ m_1 = A'B'C'D & \cdots\cdots \\ m_2 = A'B'CD' & \cdots\cdots \\ m_3 = A'B'CD & m_{14} = ABCD' \\ \cdots\cdots & m_{15} = ABCD \end{array}\right\} \qquad (5\text{-}20)$$

Ở đây ta đã thay ký hiệu $\overline{A}$ bằng ký hiệu tương đương A' để đơn giản hóa. Dựa theo bảng sự thật ta thấy thanh *LED a* sẽ phát sáng khi cần chỉ thị các số 0, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9. Nếu biểu thị bằng hàm lôgic ta có thể viết:

$$a = m_0 + m_2 + m_3 + m_5 + m_6 + m_7 + m_8 + m_9 \qquad (5\text{-}21)$$

Một cách tương tự, ta có thể biểu diễn các thanh *b, c, d, e, f, g* bằng các biểu thức lôgic khác. Các biểu thức này có thể được dùng để thiết kế bộ điều khiển từ các phần tử HOẶC,



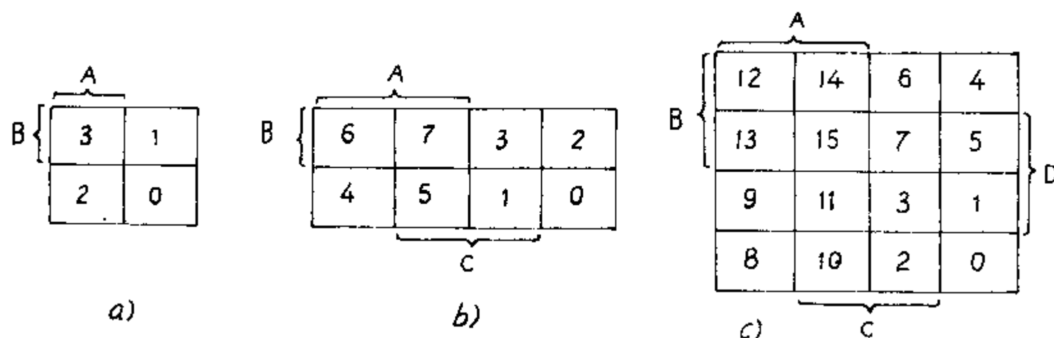
Hình 5-37. Bộ điều khiển hiển thị 7 thanh

Số	Đầu vào				Đầu ra						
	A	B	C	D	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
3	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
4	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
5	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
6	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
8	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
9	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1

VÀ, ĐẢO. Tuy nhiên cách thiết kế như vậy sẽ rất tốn chi phí linh kiện. Điều này xảy ra giống như trong đại số, các biểu thức đại số có thể ở dạng phức tạp hoặc ở dạng tối giản. Giải bài toán ở dạng tối giản thường đơn giản hơn ở dạng phức tạp. Tương tự như vậy, phương pháp biểu đồ Veitch (và phương pháp Karnaugh) cho phép tối giản hóa các biểu thức lôgic trước khi bắt tay vào thiết kế mạch số tương ứng với biểu thức lôgic đó.

Trước tiên cần nhận xét là đối với chỉ thị bảy thanh, các từ tối giản từ m_{10} đến m_{15} là không tồn tại (giá trị lôgic 0), do đó nếu ta cộng lôgic thêm các từ tối giản này vào biểu thức (5-21) thì biểu thức lôgic vẫn đúng. Như vậy bằng cách cộng thêm các từ tối giản vào biểu thức lôgic của các thanh *a*, *b*, *c*... ta có thể đơn giản hóa các biểu thức này, thí dụ theo cách thức sau:

$$ABCD + ABCD' = ABC(D + D') = ABC \quad (5\text{-}22)$$



Hình 5-38. Biểu đồ Veitch đối với các số lượng biến khác nhau

Trên hình 5-38 trình bày các biểu đồ Veitch đối với hai biến (a), ba biến (b) và bốn biến (c) đầu vào.

Cách lập biểu đồ như sau: Trong các ô của biểu đồ ta sẽ điền số thứ tự của các từ tối giản sao cho ở trong miền của đầu vào (thí dụ A) nào thì giá trị tương ứng của đầu vào trong từ tối giản có giá trị thuận (thí dụ A), còn ở ngoài miền có giá trị đảo (thí dụ A'). Trên hình 5-38c ta thấy m_7 là *A'BCD* đúng như số thứ tự trong dãy (5-20), hoặc m_{15} sẽ là *ABCD*.

Quá trình thiết kế (sử dụng ví dụ bộ điều khiển chỉ thị bảy thanh) dùng phương pháp biểu đồ Veitch như sau:

1. Lập biểu đồ Veitch, trong mỗi ô của nó điền số thứ tự của các từ tối giản (hình 5-39) và bảy biểu đồ Veittch cho bảy thanh. Các biểu đồ Veitch cho bảy thanh dựa trên biểu thức tương tự như (5-21), trên đó sẽ đánh số 1 nếu có mặt từ tối giản trong biểu thức, còn các ô khác để trống (xem biểu đồ Veitch của thanh *a* trên hình 5-39b).

2. Sau đó ta đánh dấu x vào vị trí của các từ tối giản từ m_{10} đến m_{15} để sau đó có thể sử dụng chúng như các từ tối giản bổ sung mà không bị ảnh hưởng đến kết quả của biểu thức lôgic.

3. Ở mỗi biểu đồ Veitch ta phân các nhóm sao cho mỗi từ tối giản từ m_0 đến m_9 có mặt ít nhất một lần trong nhóm nào đó. Kích thước của nhóm càng lớn, biểu thức lôgic càng

được tối giản. Các nhóm này có hình chữ nhật hoặc hình vuông, bên trong không chứa ô trống. Hai ô sát 2 cạnh đối diện nhau có thể được coi là sát nhau, do đó có thể cho vào một nhóm khi cần thiết (thí dụ xem từ tối giản m_5 và m_{13} ở biểu đồ Veitch của thanh d).

4. Dưới mỗi một biểu đồ ta viết phương trình lôgic tương ứng, trong đó mỗi nhóm từ tối giản đã tìm là một tích lôgic.

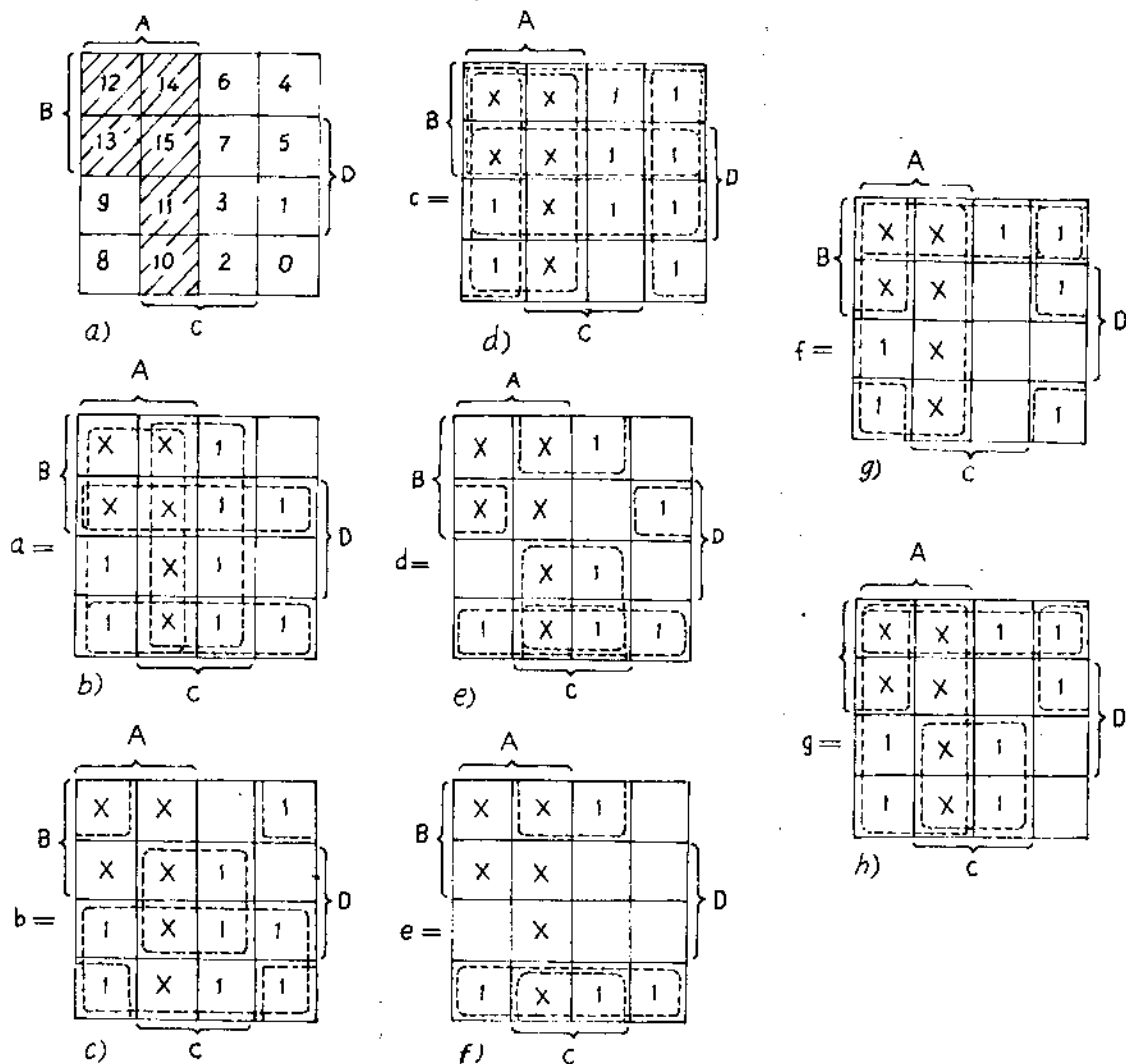
Trên hình 5-39b, ta có thể tạo ra bốn nhóm ô vuông trong biểu đồ Veitch của thanh a.

Trên cơ sở các qui tắc đã nêu ta có thể viết:

$$a = A + B.D + B'.D' + C \tag{5-23}$$

Ta thấy tổng tất cả các từ tối giản có chứa biến đầu vào A sẽ bằng A, cũng như tổng tất cả các từ tối giản có chứa biến đầu vào B và D sẽ bằng $B.D$ v.v...

Tương tự với các biểu đồ Veitch của các thanh b, c, d ta có:

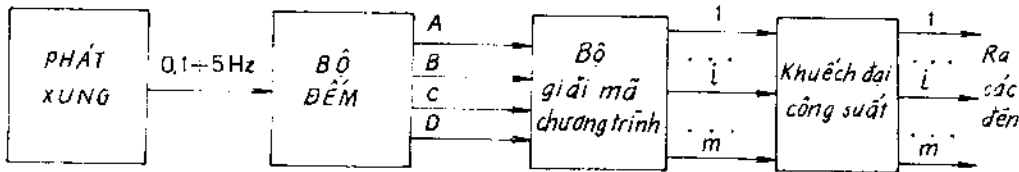


Hình 5-39.

$$b = C'D' + CD + B' \quad (5\text{-}24)$$
$$c = A + C' + D + B \quad (5\text{-}25)$$
$$d = C.D' + BC'D + B'C \quad (5\text{-}26)$$
$$e = B'.D' + CD' \quad (5\text{-}27)$$
$$f = C'D' + B.C' + A + B.D' \quad (5\text{-}28)$$
$$g = B.C' + B'.C + A \quad (5\text{-}29)$$

Trên cơ sở các biểu thức lôgic từ (5-23) đến (5-29) ta có thể thiết kế bộ điều khiển bằng các phần tử VÀ, HOẶC, ĐẢO như đã nêu ở mục 5.1. Các biểu thức lôgic này đơn giản và đòi hỏi ít phần tử linh kiện để thể hiện hơn so với các biểu thức kiểu (5-21).

Ta cũng có thể sử dụng phương pháp biểu đồ Veitch để thiết kế hệ thống đèn nhấp nháy theo chương trình (hình 5-40). Đầu vào của thiết bị có thể là bộ tạo xung với tần số từ 0,1 Hz (tùy chọn), tiếp theo ta sử dụng bộ đếm cơ số hai 4 bít. Ở đầu ra của bộ đếm ta có các biến *A, B, C, D,* mỗi biến có thể nhận giá trị 0 hoặc giá trị 1. Khi bộ đếm đếm từ 0 đến 15 thì nó lại tự xóa và lặp lại chu trình đếm từ 0 đến 15. Hệ thống đèn chia thành *m* nhóm khác nhau, đèn trong mỗi nhóm bao giờ cũng đồng thời bật (lôgic 1) hoặc tắt (lôgic 0). Như vậy theo chương trình do ta đưa ra, có thể lập bảng sự thật như trên hình 5-37c. Sau đó ta có thể lập biểu đồ Veitch và thiết kế bộ giải mã chương trình cho *m* đầu ra tương tự như trên hình 5-39. Kết quả nhận được là các biểu thức lôgic rút gọn của các đầu ra theo các biến đầu vào như trong các biểu thức lôgic này, ta xây dựng sơ đồ mạch của bộ giải mã chương trình tương tự như trên hình 5-40 dùng các mạch lôgic HOẶC, VÀ, ĐẢO.



Hình 5-40. Bộ điều khiển đèn nhấp nháy

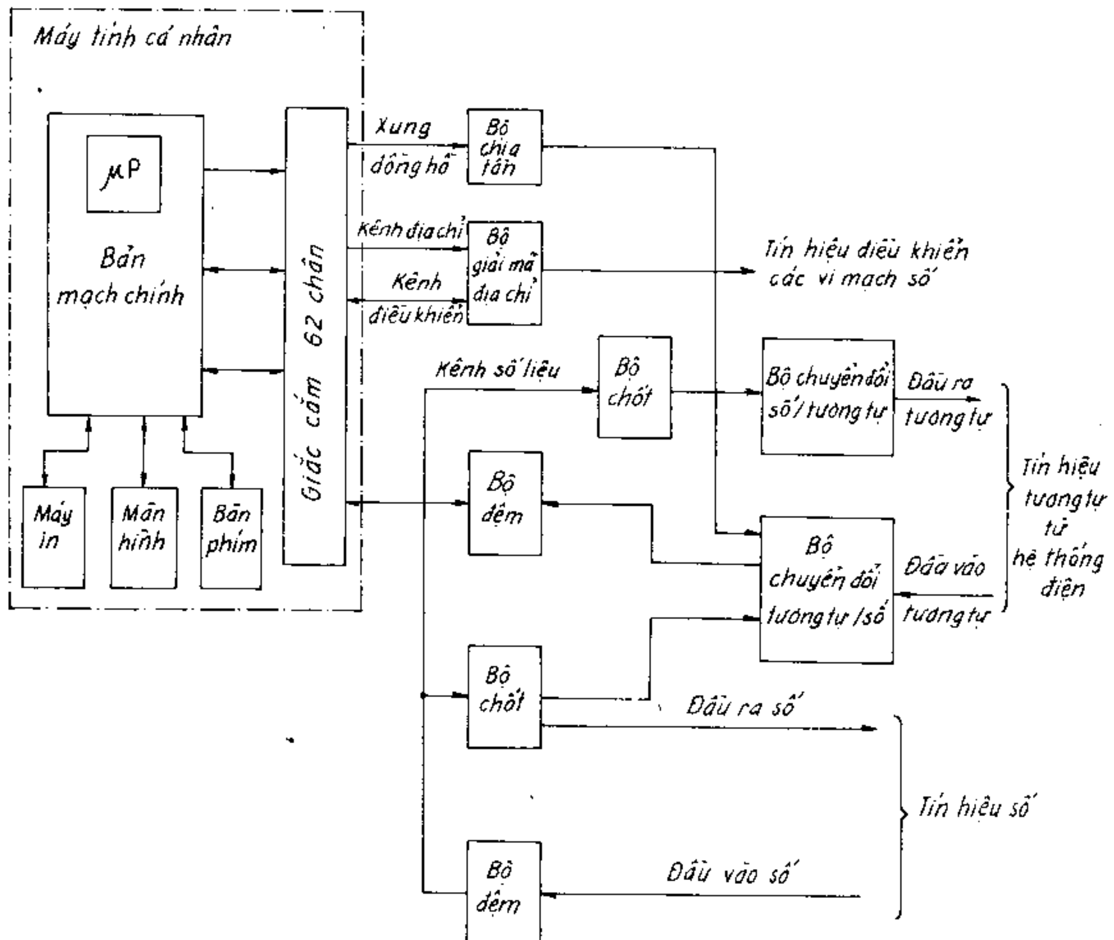
5.14. SỬ DỤNG MÁY VI TÍNH TRONG VIỆC THU THẬP TIN VÀ ĐIỀU KHIỂN

Ở mục 5.13 đã trình bày phương pháp thiết kế thiết bị kỹ thuật số chỉ sử dụng các linh kiện điện tử phần cứng. Ưu điểm của thiết kế số như vậy là giá thành hạ, kỹ thuật thiết kế đơn giản. Song chương trình hoạt động của thiết bị do đó cũng rất khó thay đổi và thiết bị chỉ sử dụng cho một mục đích hẹp. Với sự ra đời của kỹ thuật vi xử lý hiện nay, máy vi tính được sử dụng ngày càng rộng rãi với giá thành ngày càng hạ. Do đó người ta có xu hướng sử dụng các bộ vi xử lý hoặc bản thân máy vi tính trong các công việc thu thập, xử lý tin và điều khiển của ngành điện lực. Do sự phát triển của các ngôn ngữ phần mềm bậc cao và các bộ chương trình tiện ích, các máy vi tính ngoài chức năng thu thập, xử lý tin và điều khiển còn cho phép thể hiện các chế độ hoạt động của các quá trình này một cách dễ hiểu và sinh động.

Trên hình 5-41 trình bày sơ đồ chức năng của thiết bị giao diện dùng cho máy vi tính cá nhân kiểu *PC, XT, AT* của hãng *IBM* trong việc thu thập tin và điều khiển dùng trong ngành điện lực.

Các tín hiệu tương tự và số mạng thông tin về hệ thống điện luôn luôn được túc trực ở các đầu vào tương tự và số của thiết bị giao diện. Thí dụ, áp ở đầu vào tương tự tỷ lệ thuận với áp, dòng hay công suất của một nút nào đó trong mạng lưới. Hoặc khi máy cắt đóng mạch, áp ở đầu vào số xuất hiện, khi máy cắt ngắt mạch, áp ở đầu vào số biến mất.

Thiết bị giao diện được ghép nối với máy vi tính qua một trong tám giắc cắm tương đương nhau có 62 chân đặt trên bản mạch chính của máy vi tính. Các giắc cắm này đã được chuẩn hóa (xem phần phụ lục). Trên hình 5-42 giới thiệu vị trí và ký hiệu các chân của giắc cắm 62 chân của máy tính *XT*. Ở đây thường có các chân địa chỉ từ *SA*0 đến *SA*9 và chân số liệu từ *SD*0 đến *SD*7 (8 bit). Các chân nguồn và tín hiệu điều khiển sẽ được đưa qua giắc cắm lên bản mạch của thiết bị giao diện để thiết bị này có thể vào/ra số liệu giữa máy vi tính và thiết bị ngoại vi phía xa. Đối với máy vi tính *AT* còn có thêm giắc cắm phụ 36 chân vì ở đây kênh số liệu sử dụng 16 bit (từ *SD*0 đến *SD*15). Các máy vi tính từ 32 bit trở lên



Hình 5-41. Sơ đồ khối của thiết bị giao diện

như loại có bộ vi xử lý 80386 sử dụng giắc cắm phụ 62 chân. Bộ vi xử lý đặt trên bản mạch chính trao đổi thông tin với thiết bị giao diện thông qua kênh số liệu, kênh địa chỉ và kênh điều khiển, tương tự như với bản mạch điều khiển màn hình, máy in và các thiết bị ngoại vi khác. Bộ vi xử lý quản lý các đơn vị phần cứng thông qua các địa chỉ. Thí dụ trong máy *XT*, *AT*, địa chỉ các thiết bị giao diện do người sử dụng phát triển thêm nằm trong khoảng *H*300 đến *H*31*F* (*H* - chỉ cơ số 16) tức là 32 địa chỉ khác nhau. Việc phân hoạch địa chỉ này cho phép bộ vi xử lý điều khiển các thiết bị phần cứng một cách chính xác, không nhầm lẫn. Khi muốn điều khiển một linh kiện phần cứng với địa chỉ nào đó, bộ vi xử lý truyền theo kênh địa chỉ giá trị cơ số hai của địa chỉ đó, thí dụ địa chỉ *H*300 tương ứng với số 1100000000, do đó trong thời gian rất ngắn, các dây bit từ *A*0 đến *A*7 của kênh địa chỉ sẽ tồn tại điện áp thấp, còn dòng bit *A8* và *A9* sẽ có điện áp cao. Các điện áp này được các bộ giải mã xử lý, và chỉ có bộ giải mã nào tương ứng với địa chỉ đó mới tạo ra được tín hiệu điều khiển, còn các bộ giải mã khác không tạo ra được tín hiệu điều khiển nào cả. Tín hiệu sẽ điều khiển hoạt động của các bộ đếm, bộ chốt, bộ chuyển đổi tương tự/số, bộ chuyển đổi số/tương tự của thiết bị giao diện đến tiếp nhận thông tin cũng như phát thông tin từ bộ vi xử lý đi (hình 5-41).

Việc tạo tín hiệu điều khiển các đơn vị phần cứng xảy ra khi máy vi tính thực hiện các chương trình do người lập trình soạn ra từ trước. Các chương trình này có thể viết trên các ngôn ngữ bậc thấp như Assembler hoặc bậc cao như Basic, Pascal, C. Các ngôn ngữ này có nhiều lệnh khác nhau, song để điều khiển thiết bị giao diện thì chỉ cần hai lệnh cơ bản là lấy vào và gửi ra số liệu như sau:

Ngôn ngữ	Lệnh	Kiểu lệnh	
Assembler	IN n, A	vào số liệu	(5-30)
	OUT n, A	ra số liệu	(5-31)
Basic	X = inp (n)	vào số liệu	(5-32)
	out (n, x)	ra số liệu	(5-33)
Pascal	X : = PORT[n];	vào số liệu	(5-34)
	PORT[n]:= X;	ra số liệu	(5-35)
C	X = inp(n);	vào số liệu	(5-36)
	out(n, x)	ra số liệu	(5-37)

Các lệnh vào/ra này đều tương đương với nhau.

Sau khi dịch ra mã máy, bộ vi xử lý sẽ lưu các lệnh vào/ra số liệu đó như sau:

- Đọc số liệu từ cổng có địa chỉ *n* và kết quả nhận được cất giữ vào thanh ghi *A* của bộ vi xử lý (Assembler) hoặc gán cho biến *X* (các ngôn ngữ bậc cao).

- Ghi số liệu lấy từ nội dung thanh ghi *A* của bộ vi xử lý hoặc của biến *X* ra cổng có địa chỉ *n*.

Số liệu ở đây phải hiểu là số cơ số hai tương ứng với trạng thái điện áp của kênh số liệu khi cổng có địa chỉ *n* được mở. Thời gian mở cổng rất ngắn, thường chỉ đủ để số liệu đến được nơi tập kết.

Cổng ở đây phải hiểu là các bộ chốt và bộ đệm có địa chỉ trong khoảng *H*300 đến *H*31*F*. Lệnh mở cổng và chiều truyền tín hiệu được thực hiện bởi bộ vi xử lý khi thực hiện các lệnh

vào/ra số liệu thông qua bộ giải mã địa chỉ và kênh điều khiển. Ở đây cần phân biệt giữa bộ chốt và bộ đệm. Bộ đệm thực chất là các phần tử ba trạng thái có chức năng ngăn cách các cổng với kênh số liệu. Nó có hai chiều truyền tín hiệu và nối đầu vào với đầu ra khi có tín hiệu cho phép. Vì vậy thời gian thông bộ đệm thường rất ngắn. Còn bộ chốt giữ tín hiệu ở đầu vào khi có lệnh chốt và phát tín hiệu đó ở đầu ra khi có lệnh cho phép ra số liệu. Do đó thông tin được lưu trữ lâu tùy ý.

Vào/ra số liệu số

Việc vào số liệu số, thí dụ về trạng thái của các máy cắt ở một điểm nút nào đó của mạng lưới điện, được thực hiện khá đơn giản bằng các lệnh vào số liệu như (5-30), (5-32), (5-34), (5-36). Ở đây địa chỉ n sẽ tương ứng với cổng vào số liệu nối với đầu vào số mang thông tin về máy cắt. Nếu kết quả nhận được bằng 0 thì máy cắt đang ngắt, trong trường hợp ngược lại, máy cắt đang đóng.

Việc gửi tín hiệu số từ bộ vi xử lý ra thiết bị giao diện được thực hiện bằng các lệnh (5-31), (5-33), (5-35), (5-37). Giá trị gửi ra kênh số liệu sao cho các dây bít xác định trước có giá trị 1 để dùng làm tín hiệu điều khiển. Các tín hiệu này được giữ ở đầu ra của các bộ chốt.

Vào/ra tín hiệu tương tự

Các thao tác này được thực hiện bằng các bộ chuyển đổi tương tự/số và số/tương tự. Để minh họa hoạt động của quá trình này ta sử dụng sơ đồ chi tiết của thiết bị giao diện sử dụng bộ chuyển đổi *ADC* 0809 như trên hình 5-42. Như đã trình bày ở mục 5.8.6, bộ chuyển đổi tương tự/số này có 8 đầu vào tương tự. Mỗi đầu vào tương tự được chọn để chuyển đổi phụ thuộc giá trị lôgic của 3 chân địa chỉ *A, B, C*. Bộ giao diện có địa chỉ từ *H*318 đến *H31F*. Muốn chọn đầu vào *IN*0 ta viết lệnh sau:

PORT [§318] : = 0;　　　　(5-38)

Khi đó các giá trị 0 của các dòng bít của kênh số liệu được truyền qua bộ đệm *U*9 và chốt vào bộ chốt *U*4. Vì đầu điều khiển cho phép lấy số liệu *OE* được nối với đất (tích cực thấp) cho nên các giá trị mà chốt được đưa ra ở các đầu ra O_0 đến O_7 của bộ chốt *U*4. Như vậy ta có $A = 0$, $B = 0$, $C = 0$. Ở bộ chuyển đổi *ADC* 0809, đầu vào tương tự *IN*0 được chọn. Tương tự muốn chọn đầu vào tương tự *IN*7 ta viết lệnh:

PORT [§318] : = 7;　　　　(5-39)

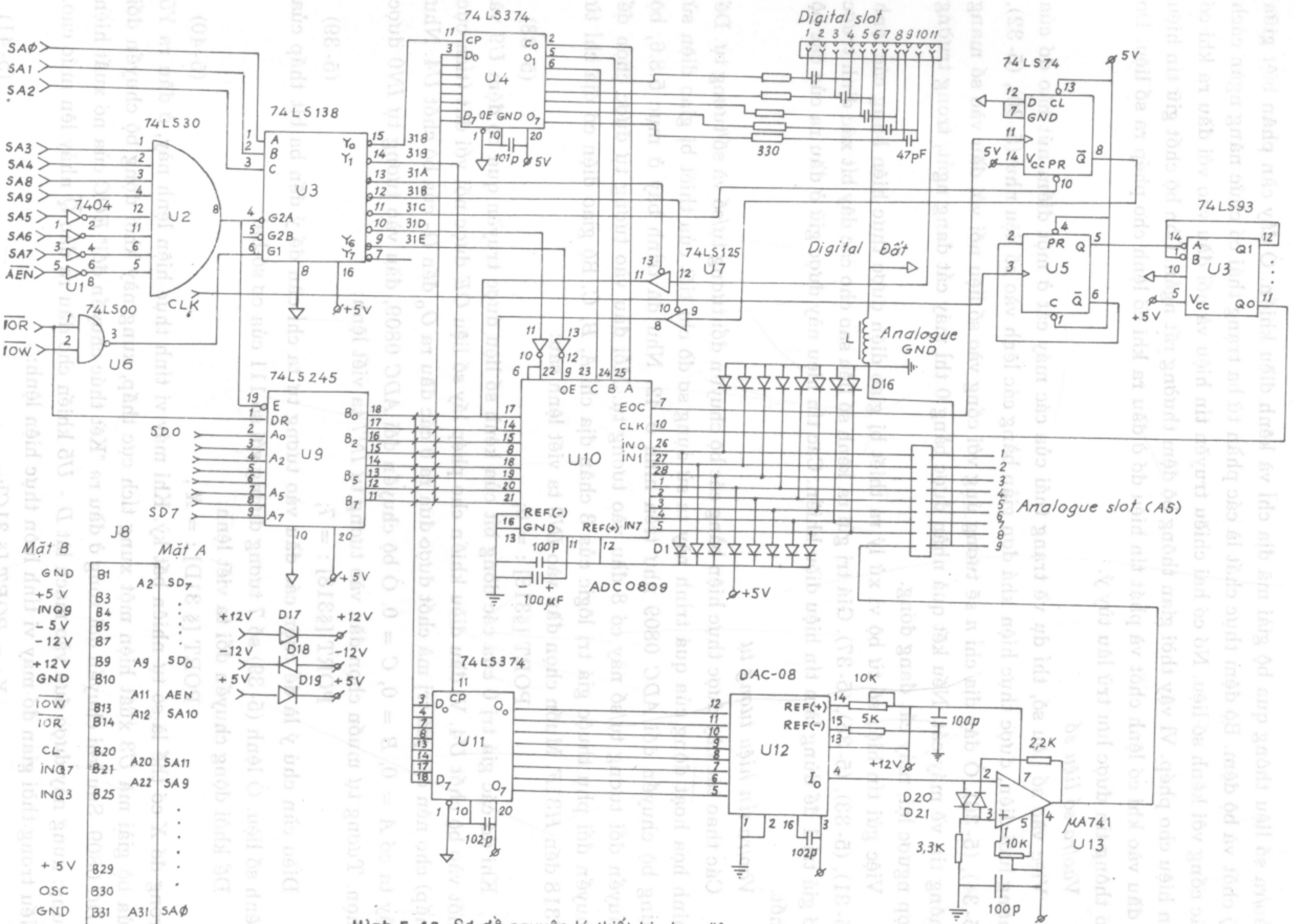
Điều cần chú ý là để chọn các đầu vào tương tự ta chỉ cần để ý đến ba bít thấp của kênh số liệu. Ở lệnh (5-39) số 7 tương đương với số 111 của cơ số hai.

Để khởi động chuyển đổi ta viết lệnh:

PORT [§ 31D] : = *X* ;　　　　(5-40)

trong đó *X* có thể là số tự nhiên bất kỳ. Khi máy vi tính thực hiện lệnh này, ở đầu ra *Y*5 của bộ giải mã *U*3 xuất hiện một xung tích cực thấp, xung này khởi động bộ chuyển đổi *ADC* 0809. Sau khi chuyển đổi xong ở đầu ra "Kết thúc chuyển đổi" *EOC* của nó xuất hiện xung: xung này được đưa vào mạch lật *D* - *U*5 khiến cho đầu ra đảo $\overline{Q}$ nhảy lên mức cao. Nếu trong thời gian đó máy vi tính luôn thực hiện lệnh:

X : = *PORT* [§ 31*C*];　　　　(5-41)



Hình 5-42. Sơ đồ nguyên lý thiết bị giao diện.

tức là xét trạng thái của đầu ra đảo Q, thì khi $X = 0$ quá trình chuyển đổi chưa thực hiện xong, còn khi $X = 2$ quá trình này đã kết thúc (vì nối cổng $31C$ với bít $SD1$ của kênh số liệu).

Khi chuyển đổi đã xong, có thể nạp số liệu vào bộ nhớ máy vi tính bằng lệnh:

X : = *PORT* [§31*E*] ; (5-42)

Giá trị X nhận được sẽ là số tự nhiên tỷ lệ thuận với áp ở đầu vào tương tự tại thời điểm chuyển đổi. Vì bộ chuyển đổi *ADC* 0809 có 8 bít và dải đo là từ 0 ÷ 5 *V*, do đó hệ số tỷ lệ sẽ bằng:

$$k = \frac{255}{5} = 51\ V^{-1} \qquad (5\text{-}43)$$

tức là 1 V sẽ tương ứng với 51; 2 *V* tương ứng với 102, v.v... Như vậy ta đã thực hiện được thao tác vào số liệu tương tự.

Việc gửi số liệu tương tự từ máy tính qua thiết bị giao diện ra bên ngoài được thực hiện bởi bộ chuyển đổi số/tương tự *DAC* - 08 loại 8 bít. Giả sử cần tạo ra một áp tỷ lệ thuận với biến X có trong bộ nhớ của máy vi tính ta thực hiện lệnh:

PORT [§ 319] : = X ; (5-44)

Khi đó sẽ có một xung xuất hiện ở đầu ra *Y*1 của vi mạch U_3 cho phép mở bộ chốt U_{11} để giá trị X chuyển từ kênh số liệu đến bộ chuyển đổi *DAC* - 08. Sau khi tín hiệu ở đầu ra của bộ chuyển đổi này được khuếch đại, áp đưa ra bên ngoài sẽ tỷ lệ với giá trị của biến X.

5.15. CÁC DẠNG TÍN HIỆU TRONG THIẾT BỊ SỐ

Khi kiểm tra điện áp tại các điểm ở mạch lôgic của thiết bị số, ta có thể thấy các loại tín hiệu sau:

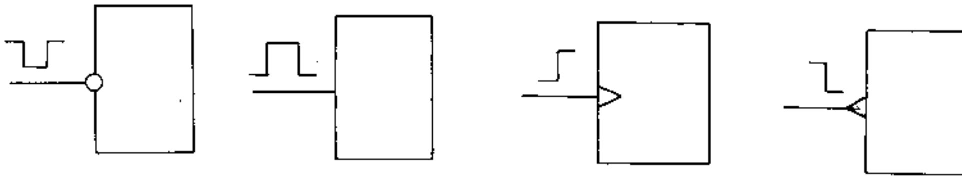
- Tín hiệu lôgic cao tương ứng với điện áp một chiều khoảng 4 ÷ 5 *V*.
- Tín hiệu lôgic thấp có điện áp xấp xỉ 0 V.
- Tín hiệu trạng thái thứ ba giữa mức lôgic cao và mức lôgic thấp tương ứng với điện áp nhiễu tĩnh của đầu ra điện trở cao bị cô lập.
- Không có tín hiệu hoặc điện áp, chứng tỏ đây là điểm bị cách ly không nối vào mạch chung. Tuy nhiên ta có thể nhầm nó với tín hiệu lôgic thấp.
- Các tín hiệu xung.

Các vi mạch số sử dụng lôgic *TTL* hoặc *LS* có giá trị lôgic cao khi điện áp vào khoảng từ 2,5 đến 5V và giá trị lôgic thấp khi điện áp từ 0 đến 0,8 V. Các vi mạch kiểu *MOS* có giá trị lôgic cao khi điện áp từ 4,2 đến 5 V, giá trị lôgic thấp từ 0 đến 1,8 V.

Các đầu vào số phản ứng với mức và sườn tín hiệu có ký hiệu như trình bày trên hình 5-43. Vi mạch chỉ phản ứng khi tín hiệu đầu vào ứng với dạng cho phép. Thí dụ, đầu vào xóa của mạch lật *D* chỉ xóa mạch lật khi ta cho tín hiệu xung thấp vào, vì vậy trong sơ đồ điện ở đầu vào này thường được gắn một dấu khuyên tròn. Tương tự như vậy, đầu vào xung đồng bộ hay sử dụng sườn lên của xung để kích hoạt vi mạch, vì vậy đầu này thường gắn với một dấu tam giác chìm.

Mức điện áp tại một điểm nằm giữa giá trị lôgic cao và giá trị lôgic thấp thường có thể là do vi mạch nối tới nó bị hỏng hoặc đây là đầu ra của phần tử gọi là phần tử "ba trạng

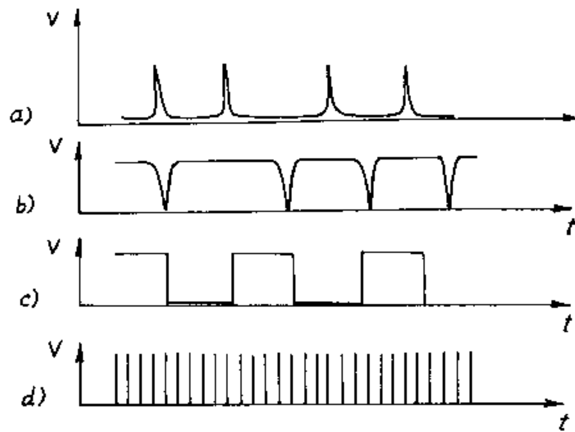
thái". Các bộ chốt và bộ đệm thuộc loại này. Đó là các phần tử có đầu vào, đầu ra và cực điều khiển. Khi có tín hiệu điều khiển, đầu vào và ra của phần tử thông với nhau, còn khi không có tín hiệu điều khiển, đầu ra của phần tử ở trạng thái thứ ba, tức là khoảng 0,8 V



Hình 5-43. Các ký hiệu đầu vào ứng với dạng tín hiệu kích hoạt vi mạch số

đến 2,5 V đối với vi mạch kiểu *TTL* và từ 1,8 V đến 4,2 V đối với vi mạch kiểu *MOS*, bất kể khi đầu vào của phần tử có giá trị lôgic nào.

Các tín hiệu xung thường xuất hiện ở các bộ phận xung đồng hồ ở kênh số liệu hoặc địa chỉ trong chế độ làm việc và ở các mạch tốc độ cao khác. Chúng có thể ở dạng xung thường lôgic thấp (hình 5-44a), thường lôgic cao (*b*), xung vuông tần số thấp (*c*) và xung vuông tần số cao (*d*). Trong chế độ nghỉ không trao đổi dữ liệu, các kênh số liệu và địa chỉ thường ở mức trạng thái thứ ba.



Hình 5-44. Các dạng tín hiệu xung trong thiết bị số.

KẾT LUẬN

Trên đây giới thiệu các khái niệm cơ bản về các phần tử kỹ thuật số. Trong hệ thống điện, các phần tử này được sử dụng trong các thiết bị số như các rơle số, các bộ điều khiển lôgic lập trình được (*PLC*), các thiết bị thu thập thông tin, điều khiển và giám sát (*SCADA*), các hệ thống máy vi tính và mạng, các thiết bị thông tin, v.v... Vì khuôn khổ cuốn sách có hạn nên trong các chương tới ngoài rơle số, các thiết bị trên chỉ được giới thiệu một cách khái quát hoặc không được đề cập đến. Tuy nhiên nguyên tắc làm việc của các thiết bị này đều tương tự như nhau vì vậy các thông tin nêu ra trong các phần trên đây vẫn có ý nghĩa đối với các trường hợp khác.

Chương 6

CẤU TẠO CỦA RƠLE TĨNH DÙNG LINH KIỆN BÁN DẪN

6.1. PHÂN LOẠI RƠLE TĨNH

Nếu phân loại theo nguyên tắc làm việc, rơle tĩnh dùng linh kiện bán dẫn có thể phân loại thành:

- rơle tương tự sử dụng các linh kiện bán dẫn tương tự như điốt, tranzito, khuếch đại thuật toán.

- rơle tương tự kết hợp kỹ thuật số có sử dụng thêm các phần tử số như VÀ, HOẶC, v.v...

- rơle kỹ thuật số không có bộ vi xử lý;

- rơle kỹ thuật số có bộ vi xử lý.

Nếu phân loại theo số lượng tín hiệu đầu vào, rơle loại này có thể phân loại thành:

- rơle đo lường một đại lượng điện, thí dụ như rơle áp, rơle dòng;

- rơle đo lường hai đại lượng điện, thí dụ như rơle định hướng công suất, rơle khoảng cách;

- rơle đo lường nhiều đại lượng điện, thí dụ như rơle quá dòng ba pha, rơle thiếu áp ba pha, v.v...

Nếu phân loại theo chức năng, rơle tĩnh cũng có thể được chia thành rơle bảo vệ và rơle phụ giống các rơle điện cơ (xem mục 2.2.). Tuy nhiên, các rơle phụ thường dùng là rơle trung gian và rơle thời gian. Rơle tín hiệu kiểu tĩnh như một phần tử riêng biệt thường không được chế tạo.

Cách phân loại như trên sử dụng khái niệm rơle tĩnh theo nghĩa rộng (solid-state).

Trong trường hợp chung, khái niệm rơle tĩnh theo nghĩa hẹp (static) thường được dùng để chỉ các loại rơle bán dẫn tương tự hoặc có sử dụng kết hợp một số loại linh kiện kỹ thuật số đơn giản. Rơle thuần kỹ thuật số không sử dụng bộ vi xử lý đôi khi cũng được gọi là tĩnh, song thường được gán thêm chữ "số" (digital hoặc numeric). Khái niệm tĩnh theo nghĩa hẹp hầu như không được dùng cho rơle sử dụng bộ vi xử lý - Sau đây trong cuốn sách này, rơle tĩnh sẽ được hiểu theo nghĩa hẹp.

6.2. SỰ PHÁT TRIỂN CỦA RƠLE TĨNH DÙNG LINH KIỆN BÁN DẪN

Từ lâu rơle điện cơ với nhiều nhược điểm cố hữu như có tiếp điểm, cấu trúc phần động phức tạp, cồng kềnh, dễ bị kẹt, công suất tiêu thụ lớn, độ tin cậy và độ chính xác không cao cũng như tốc độ thao tác chậm đã đặt ra yêu cầu phải chế tạo thay thế chúng bằng các loại rơle dựa trên các nguyên tắc và cơ sở linh kiện khác. Ngay từ những năm 50, những sơ đồ so sánh pha và giá trị tuyệt đối sử dụng cầu nắn dòng bằng điốt với rơle đầu ra phân cực

không có phần động cơ khí phức tạp đã được sử dụng. Tuy nhiên, rơle tĩnh chỉ thực sự được nói đến với sự ứng dụng của tranzito.

Được phát minh từ những năm 40, song chỉ đến đầu những năm 60, tranzito mới được sản xuất ở qui mô công nghiệp và đã dẫn đến bước đột phá lớn trong ngành kỹ thuật điện - điện tử. Vào giữa những năm 60 đã lần lượt xuất hiện các rơle dòng, áp, tần số, thời gian sử dụng tranzito. Đến cuối những năm 60 đã bắt đầu xuất hiện các rơle vi mạch sử dụng bộ khuếch đại thuật toán và sau đó có sử dụng kết hợp với các linh kiện kỹ thuật số. Rơle đã bắt đầu làm việc tương tác với các hệ thống máy tính tương tự tại các trung tâm điều độ trong việc xử lý thông tin về hệ thống điện.

Những rơle thuần kỹ thuật số đầu tiên là rơle thời gian, xuất hiện từ đầu những năm 70, sử dụng các bộ hiển thị 7 thanh bằng điốt phát quang. Các rơle bảo vệ đã bắt đầu kết hợp với chức năng đo lường và hiển thị thông tin, nhất là khi các bộ vi xử lý 4 bit đầu tiên được đưa vào sử dụng trong rơle từ cuối những năm 1970.

Trong những năm 80, cùng với sự phát triển của kỹ thuật vi xử lý và vi tính, rơle số dùng bộ vi xử lý từ 8 bit trở lên đã bắt đầu được sử dụng rộng rãi. Tuy nhiên, các rơle giai đoạn này vẫn còn hạn chế về số lượng các chức năng thực hiện, về khả năng dự báo hỏng hóc (self - test), lưu trữ thông tin sự cố cũng như giao tiếp với các thiết bị khác.

Rơle số của những năm 90 đã được tăng cường chức năng nhờ sử dụng các bộ vi xử lý mạnh hoặc kết hợp với các bộ đồng xử lý (co-processor) cho phép thu thập thông tin nhanh và với độ chính xác cao, vì vậy đã khắc phục được phần lớn các nhược điểm của các thế hệ rơle số trước.

Xu hướng phát triển tiếp theo của rơle số có lẽ là tăng cường công suất của các bộ vi xử lý để phối ghép nhiều hơn chức năng bảo vệ vào một thiết bị, nâng cao khả năng hòa mạng, lưu trữ và phân tích sự cố với độ phân giải cao và tăng cường khả năng tương tác với người sử dụng.

6.3. SO SÁNH THÔNG SỐ KINH TẾ - KỸ THUẬT CỦA CÁC LOẠI RƠLE KHÁC NHAU

Các rơle bảo vệ sử dụng trong ngành điện lực có thể chia thành ba nhóm lớn như sau:

Nhóm thứ nhất là các loại rơle điện cơ nơi có sự chuyển đổi năng lượng điện thành cơ trong quá trình xử lý thông tin. Nhóm này gồm có các rơle điện từ, rơle điện động, rơle cảm ứng và rơle nhiệt.

Nhóm thứ hai là các loại rơle tĩnh, trong đó thực hiện việc so sánh các đại lượng thuần túy điện ở dạng tương tự. Nó bao gồm các loại rơle khuếch đại từ, rơle điện tử, rơle dùng điôt hoặc tranzito, rơle dùng vi mạch tương tự.

Rơle số thuộc nhóm thứ ba. Ở đây các tín hiệu trước khi được xử lý đã được chuyển đổi thành dạng mã số. Nhóm này bao gồm các rơle dùng vi mạch số không có bộ vi xử lý và các rơle có bộ vi xử lý. Như trên đã nói, rơle số cũng thuộc nhóm các loại rơle tĩnh song để phân biệt rõ hơn người ta tách chúng thành hai nhóm khác nhau.

Bảng 6- 1 trình bày sự so sánh các rơle thuộc các nhóm khác nhau về một số thông số kinh tế kỹ thuật, xét trên quan điểm khai thác, sử dụng. Ở đây các chữ số chỉ thứ tự theo chiều hướng từ kém nhất (1) đến tốt nhất (8). Các chỉ số này chỉ có giá trị định tính chứ

không có giá trị định lượng. Đây là sự đánh giá có tính chất tương đối với giá trị trung bình theo từng chủng loại. Vì vậy vẫn có thể xảy ra trường hợp một rơle thuộc chủng loại này tốt hơn rơle thuộc chủng loại khác theo thông số nào đó, nhưng chỉ số trung bình của chủng loại này vẫn thấp hơn chủng loại kia.

Mặc dù việc đánh giá chỉ có tính chất tương đối, song kết quả tổng cộng các chỉ số tương đối phù hợp với thực tế. Trong nhóm các rơle điện cơ, rơle cảm ứng vẫn có chất lượng tốt hơn cả. Điều này giải thích vì sao hiện nay rơle loại này vẫn được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống điện ở Việt Nam.

Rơle sử dụng bóng điện tử, mặc dù ra đời sau các loại rơle điện cơ song không thể hiện được tính ưu việt hơn hẳn của nó. Vì vậy, trên thực tế rơle điện tử chưa bao giờ được đưa vào sản xuất ở qui mô công nghiệp.

Bảng 6-1. So sánh các thông số kinh tế kỹ thuật của các loại rơle

Thông số kinh tế kỹ thuật	Điện cơ			Tĩnh			Số	
	Điện tử	Cảm ứng	Nhiệt	Khuếch đại từ	Bóng điện tử	Tranzito	Vi mạch	Vi xử lý
Giá thành	5	6	8	7	4	3	2	1
Độ chính xác	2	3	1	4	5	6	7	8
Tốc độ thao tác	4	3	1	2	5	6	7	8
Độ trôi tham số	1	3	2	4	5	6	7	8
Độ nhạy	4	3	1	2	5	6	7	8
Công suất tiêu thụ	3	4	1	2	5	6	7	8
Độ phức tạp	8	6	7	5	4	3	2	1
Độ linh hoạt	3	4	1	2	5	6	7	8
Độ tin cậy	5	4	2	8	1	3	6	7
Chi phí vận hành	3	4	1	7	2	5	6	8
Kích thước	3	2	5	1	4	6	7	8
Kinh nghiệm sử dụng	7	8	6	3	1	2	4	3
Tổng cộng	**48**	**50**	**36**	**47**	**46**	**58**	**69**	**76**

Nếu các rơle có nguồn gốc từ Liên Xô (cũ) phần lớn là các rơle điện cơ thì việc thay thế chúng được thực hiện chỉ mới bằng các rơle tĩnh sử dụng tranzito và vi mạch. Thí dụ như rơle bảo vệ so lệch ДЗТ-11 được thay bằng ДЗТ-21 (hoặc ДЗТ-23) (xem phụ lục II). Với chính sách mở cửa, chúng ta đã có điều kiện tiếp nhận và sử dụng một số loại rơle số của các nước phương Tây. Mặc dù có giá thành cao nhưng rơle loại này có chất lượng hơn hẳn các loại rơle trước, do đó chúng đang được đưa vào sử dụng tại hầu hết các công trình trọng điểm của ngành điện lực. Nhu cầu sử dụng các rơle loại này càng trở nên cấp bách khi ta tăng công suất truyền tải trong lưới điện hợp nhất dẫn đến yêu cầu khắt khe hơn đối với vấn đề ổn định động của hệ thống.

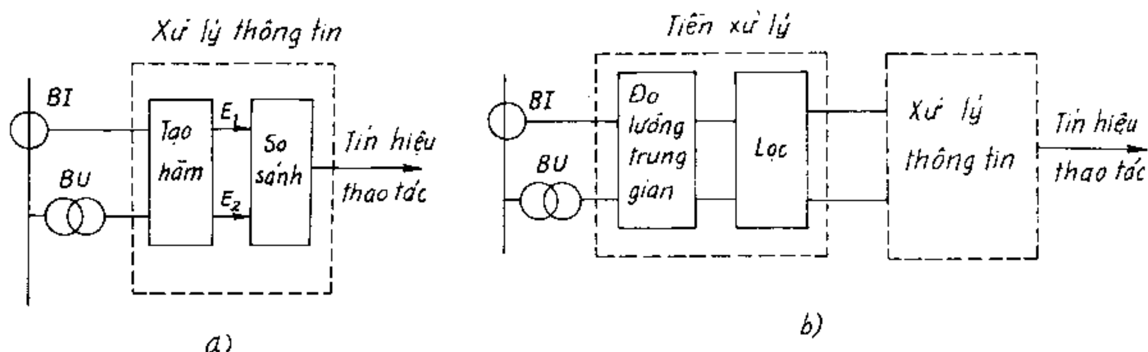
6.4. SỰ KHÁC BIỆT GIỮA RƠLE ĐIỆN CƠ VÀ RƠLE TĨNH

Điều khác biệt lớn nhất là trái với rơle điện cơ, rơle tĩnh không có phần động và sự chuyển hóa năng lượng điện thành cơ trong các sơ đồ đo lường và so sánh. Đây chính là nguyên nhân hình thành cái tên "tĩnh" của loại rơle này. Theo nghĩa rộng đó, các rơle số

cũng thuộc loại rơle tĩnh, song ta sẽ đề cập tới chúng ở phần khác. Có một sự nhầm lẫn khá phổ biến cho rằng rơle tĩnh chính là loại rơle không tiếp điểm. Thực chất rơle không tiếp điểm là một nhóm nhỏ của rơle tĩnh, trong đó thay vì các rơle đầu ra người ta sử dụng các linh kiện bán dẫn không tiếp điểm như tranzito hoặc thyristor. Cố gắng này không phải đã thành công mỹ mãn vì cho đến hiện nay thậm chí trong các rơle số người ta vẫn sử dụng rộng rãi các rơle đầu ra có tiếp điểm cơ khí, tất nhiên với chất lượng kỹ thuật rất cao.

Trên hình 6- 1a trình bày sơ đồ khối của một rơle điện cơ. Thông tin đo lường từ các *BU*, *BI* được đưa trực tiếp vào bộ xử lý thông tin để tạo tín hiệu thao tác. Phần thép của rơle có tác dụng như những cuộn chặn khiến cho các nhiễu xung ở đầu vào không ảnh hưởng lớn đến chất lượng tín hiệu đầu ra, tuy nhiên tác động bị trễ đi đáng kể.

Trong các rơle tĩnh (hình 6- 1b) các tín hiệu đầu vào trước tiên được biến đổi thành tín hiệu có công suất nhỏ hơn, thuận tiện cho việc xử lý tiếp theo. Việc sử dụng các bộ lọc nhiễu



Hình 6-1. Sơ đồ khối của rơle điện cơ (a) và rơle tĩnh (b)

làm tăng độ chính xác đo lường và tốc độ xử lý thông tin của rơle tĩnh so với rơle điện cơ.

Trong rơle điện cơ, việc chỉnh định tham số đặt được thực hiện theo ba cách: chọn số vòng dây, thay đổi khoảng cách khe hở không khí và chỉnh mômen cản của lò xo. Còn trong rơle tĩnh, việc đặt tham số được thực hiện bằng các công tắc chuyển mạch và núm vặn theo hai giai đoạn chỉnh thô và chỉnh tinh.

6.5. CÁC BỘ PHẬN ĐO LƯỜNG TRUNG GIAN

Điện áp danh định thứ cấp của các biến điện áp đo lường *(BU)* đặt trên hệ thống điện thường có giá trị từ 100 đến 125 V xoay chiều đối với điện áp dây và tương ứng $100/\sqrt{3}$ đối với điện áp pha. Dòng danh định thứ cấp của các biến dòng *(BI)* thường có giá trị 10 A, 5 A hoặc 1 A. Để biến đổi các giá trị này thành đại lượng phù hợp với chế độ làm việc của các linh kiện bán dẫn, ở đầu vào các rơle tĩnh trong mạch đo lường thường có các bộ biến đổi đầu vào. Cũng giống như các *BU, BI,* các bộ phận này có nhiệm vụ ngăn cách về điện ở mạch đầu vào với phần sơ đồ bên trong thiết bị (xem mục 1.11.)

Tùy theo chế độ làm việc, các bộ biến đổi đầu vào được phân chia thành bộ biến áp tín hiệu, biến dòng tín hiệu và tranreactơ (Tham khảo bảng P2- 1, P2- 2, P2- 3 phần phụ lục 2). Nếu bộ biến áp biến đổi điện áp thứ cấp *BU* thành điện áp xoay chiều khoảng 10 V, bộ biến

dòng - thành dòng cỡ mA thì tranreactơ cho phép biến đổi dòng thành điện áp.

Trong trường hợp chung, hàm truyền tải của bộ biến đổi tín hiệu đầu vào được biểu diễn bằng công thức:

$$W(p) = \frac{X_r}{X_v} = \frac{W_1}{W_2} \cdot \frac{p\tau}{p\tau + 1} = \frac{W_1}{W_2} \cdot \frac{j\omega\tau}{j\omega\tau + 1} \qquad (6\text{-}1)$$

với:

W_1 , W_2 - số vòng dây của cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp;

$\tau = L_2/(R_2 + R_{tải})$ - hằng số thời gian;

L_2, R_2 - hệ số tự cảm và điện trở của cuộn thứ;

ω - tần số góc của dòng xoay chiều đầu vào.

Trong chế độ ngắn mạch ($R_{tải} = 0$), hằng số thời gian cực đại ($\omega\tau >> 1$), hệ số biến đổi (6- 1) hầu như có giá trị thực. Đó chính là hệ số biến dòng của biến dòng tín hiệu:

$$K_I = \frac{I_{2NM}}{I_1} = \frac{W_1}{W_2} \qquad (6\text{-}2)$$

Hệ số biến áp của biến áp tín hiệu được xác định trong chế độ không tải:

$$K_U = \frac{U_{2KT}}{U_1} = \frac{W_2}{W_1} \qquad (6\text{-}3)$$

Khi tổng trở tải $R_{tải} >> R_2$ và L_2 nhỏ, nghĩa là khi hằng số thời gian bé ($\omega\tau << 1$), hệ số biến đổi (6- 1) trở thành giá trị ảo. Tranreactơ (thường ký hiệu *TAV*) làm việc trong chế độ này. Hệ số biến đổi của nó được tính như sau:

$$K_{IU}(j\,\omega) = j\,\omega M = jX_M \qquad (6\text{-}4)$$

với M - hệ số hỗ cảm giữa các cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp.

Trên thực tế trong các rơle tĩnh, các bộ biến đổi tín hiệu không chỉ sử dụng theo kiểu thụ động như trên mà còn hay được dùng theo sơ đồ hoạt tính. Trong các sơ đồ này, người ta dùng thêm cuộn phụ lấy hồi tiếp âm mạnh từ đầu ra của bộ biến đổi để bù các sai số do dải biến thiên lớn của tín hiệu đầu vào, sự không tuyến tính của phần dẫn từ và sai số do khác biệt sức từ động của cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp.

Nói chung các mạch phân áp dùng điện trở do không có khả năng bảo vệ chống lan truyền sự cố ở đầu vào nên không được sử dụng trong các bộ biến đổi đầu vào của các rơle tĩnh.

6.6. CÁC BỘ LỌC TÍN HIỆU TƯƠNG TỰ

Các bộ lọc tín hiệu tương tự có chức năng thực hiện việc loại trừ ảnh hưởng của các thành phần không chu kỳ, thành phần tần số thấp và tần số cao trong đại lượng điện đầu vào khi có ngắn mạch, nhằm đảm bảo sự làm việc chính xác của bộ phận đo lường trong rơle bảo vệ.

6.6.1. Phân loại

Bộ lọc thường chia làm hai loại, bộ lọc thụ động (chỉ gồm *R, L, C*) và bộ lọc hoạt tính có sử dụng nguồn phụ.

Trong bộ phận đo lường của rơle tĩnh thường sử dụng riêng biệt hoặc kết hợp các bộ

lọc tần *(LT)* hoạt tính sau đây:

- Bộ lọc tần số thấp *(LTT)* hay bộ lọc thông thấp, cho qua các tín hiệu có tần số f từ 0 đến tần số cắt f_c và giữ lại các tín hiệu có tần số cao hơn.

- Bộ lọc tần số cao *(LTC)* hay bộ lọc thông cao cho qua các tín hiệu có tần số f từ ∞ đến tần số cắt f_c và giữ lại các tín hiệu có tần số thấp hơn.

- Bộ lọc dải tần *(LDT)* hay bộ lọc thông, cho qua các tín hiệu có tần số nằm giữa tần số cắt thấp f_{ct} và tần số cắt cao f_{cc} và giữ lại tất cả các tín hiệu có tần số khác.

Một trong những biến thái của *LDT* là bộ lọc chặn, trong đó cho qua tất cả các tín hiệu tần số từ 0 đến ∞, trừ các tần số trong khoảng giữa f_{ct} và f_{cc}.

6.6.2. Các thông số của bộ lọc tần

- *Hệ số truyền trong dải tần thông:* tỉ số giữa tín hiệu ra với tín hiệu vào $k = U_r/U_V$ (giá trị biên độ hay hiệu dụng).

- *Đặc tính biên độ - tần (ĐBT):* phụ thuộc của tín hiệu đầu ra của *LT* (tính theo %) vào tần số khi không thay đổi áp đầu vào.

- *Tần số cắt f_c xác định theo ĐBT* và là tần số tương ứng với mức áp 0,7 giá trị cực đại trong giải tần thông.

- *Dải tần thông (DTT)* bằng hiệu giữa tần số cắt cao và tần số cắt thấp $\Delta f = f_{cc} - f_{ct}$.

- *Hệ số chất lượng của LDT:* tỉ số giữa tần số cộng hưởng và *DTT*: $Q = f_{ch}/\Delta f$.

- *Hằng số thời gian của LT* xác định vận tốc tăng (hoặc giảm) điện áp đầu ra U_r khi đóng (hoặc ngắt) điện áp đầu vào U_v.

6.6.3. Một vài dạng bộ lọc tần

Sơ đồ các *LT* rất phong phú, sau đây chỉ giới thiệu một số bộ lọc được sử dụng trong các loại rơle tĩnh.

LTT đơn giản nhất (bậc 1) là bộ khuếch đại tích phân (hình 6-2a,b) có hệ số khuếch đại theo tần:

$$K(\omega) = 1/\sqrt{1 + (\omega\tau)^2} \qquad (6\text{-}5)$$

và độ lệch pha theo tần:

$$\varphi(\omega) = -\text{arctg}\omega\tau$$

với τ - hằng số thời gian: $\tau = RC$ (hình 6-2a); $\tau = L/R$ (hình 6-2b); $\omega = 2\pi f$.

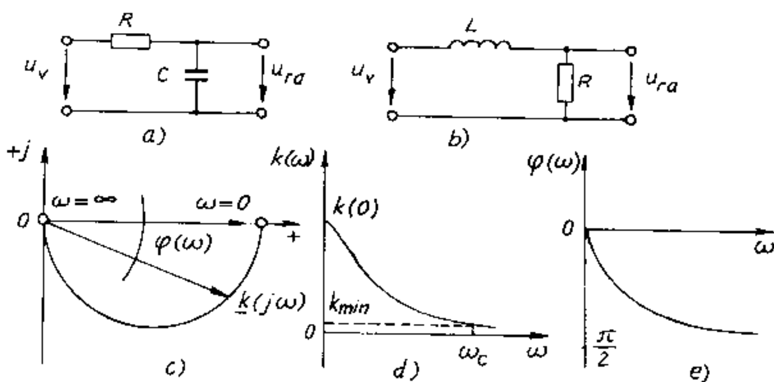
Trong trường hợp chung, biểu thức bộ lọc được biểu diễn bằng công thức:

$$K(p) = \frac{U_r(p)}{U_v(p)} = \frac{\sum_{i=1}^{m} a_i p^i}{\sum_{j=1}^{n} a_j p^j} \qquad (6\text{-}6)$$

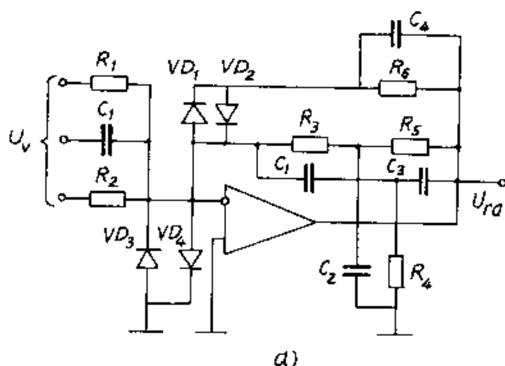
trong đó a_i, b_j là các hệ số; p - toán tử Laplas : $p = j\omega = d/dt$; $m < n$.

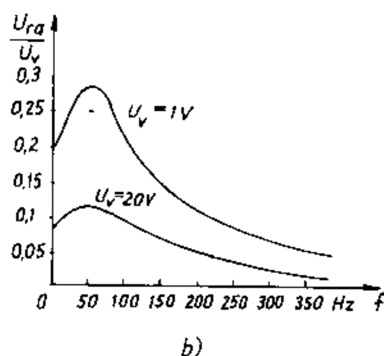
Ta thấy rằng đầu ra của biến áp tín hiệu hoặc tranreactơ thường nối với bộ lọc *R - C*, và đầu ra của bộ biến dòng tín hiệu được nối với bộ lọc *LR* (xem phụ lục 5 hình P5-1). Các giá trị *R, C, L* phải được chọn sao cho bộ lọc cho qua tần số 50 Hz, đồng thời có hằng số τ thỏa mãn mục đích đặt ra của người thiết kế. Sơ đồ loại này có thể tìm thấy trong bảo vệ so lệch ДЗТ-21 của Liên Xô (cũ), trong bảo vệ khoảng cách *7SA511* của Siemens (rơle số) v.v...

Trong một vài sơ đồ, phần tử khoảng cách sử dụng so sánh pha có sử dụng bộ lọc RC hình chữ T kép với hồi tiếp âm phụ trợ $R6$, $C4$ mắc qua điện trở không tuyến tính kiểu điốt $VD1$, $VD2$ (hình 6-3a). Khi điện áp ở đầu vào LT lớn, điều tương ứng với chế độ làm việc bình thường của đối tượng được bảo vệ, các điốt $VD1$, $VD2$ thông mạch, mạch $R6$, $C4$ được đưa vào làm việc làm giảm hệ số truyền và hệ số chất lượng của bộ lọc, hạn chế điện áp đầu vào, do đó giảm dự trữ năng lượng trong các tụ của bộ lọc. Điều này làm giảm thời gian quá độ khi áp đầu vào sụt xuống đột ngột khi có ngắn mạch, vì vậy sẽ làm tăng đáng kể tốc độ xử lý của bộ phận khoảng cách.



Hình 6-2. Sơ đồ bộ lọc bậc một kiểu R-C (a) hoặc R-L (b) và đặc tuyến biên độ - pha (c), ĐBT (d) và pha - tần (e) của chúng.





Hình 6-3. Phương án bộ lọc dải tần LDT với hồi tiếp âm không tuyến tính (a) và đặc tuyến biên độ - tần với các điện áp đầu vào khác nhau (b).

Khi điện áp đầu vào nhỏ, các điôt $VD1$, $VD2$ bị khóa, mạch $R6$, $C4$ bị loại khỏi sơ đồ làm việc, khi đó hệ số truyền và hệ số chất lượng bộ lọc được tăng lên. Các đặc tuyến biên độ tần của bộ lọc khi áp vào lớn và nhỏ (hình 6-3b) giải thích kết quả này.

Kết luận: Các bộ lọc tương tự có thời gian xử lý thông tin tương đối lớn, vài ba chu kỳ tần số công nghiệp trở lên.

6.7. TỔNG QUAN VỀ CÁC SƠ ĐỒ SO SÁNH DÙNG TRONG RƠLE TĨNH

Như trên đã nói, các sơ đồ so sánh của rơle tĩnh có thể phân loại thành sơ đồ so sánh một đại lượng điện, hai đại lượng điện (thí dụ, xem hình 4-34, 4-35)... Trong số rất nhiều các nguyên tắc so sánh, người ta sử dụng các sơ đồ so sánh một đại lượng điện thông dụng nhất như sau:

- So sánh tín hiệu điện áp hoặc dòng điện đã được nắn và "là phẳng" với giá trị chuẩn sử dụng phần tử ngưỡng có đặc tính hình xuyến nhờ hồi tiếp dương.

- So sánh thời gian vượt quá giá trị ngưỡng của giá trị tức thời đại lượng đầu vào (được "là phẳng" hay không được "là phẳng") với thời gian chuẩn cho trước.

- So sánh giữa các quãng thời gian khi giá trị tức thời của đại lượng đầu vào (được "là phẳng" hay không được "là phẳng") cao hơn và thấp hơn giá trị ngưỡng.

Trong các nguyên tắc so sánh hai đại lượng điện, người ta thường chia các sơ đồ so sánh thành hai nhóm.

Nhóm thứ nhất (thường gọi là nhóm xung), bao gồm:

- so sánh thời gian trùng nhau của hai đại lượng đầu vào với giá trị ngưỡng.
- sử dụng việc trùng nhau về mặt thời gian của một vài giá trị tức thời.
- xác định dấu của một đại lượng điện vào thời điểm xuất hiện xung nhận được nhờ đại lượng điện thứ hai;
- xác định trình tự xuất hiện giá trị tức thời của các đại lượng điện.

Nhóm thứ hai bao gồm:

- so sánh theo sơ đồ nhạy cảm pha;
- so sánh các giá trị tuyệt đối của hai đại lượng điện đã được nắn dòng.

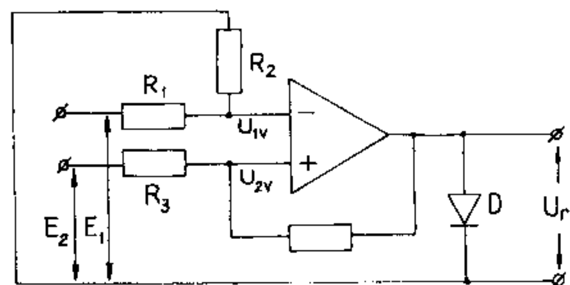
Nhóm thứ nhất khác với nhóm thứ hai ở chỗ các tín hiệu đầu ra của sơ đồ so sánh chỉ xuất hiện trong vùng tác động của mạch đo lường và hoàn toàn không có trong vùng không tác động. Tín hiệu này thường là xung áp một chiều tần số không đổi với độ dài dao động trên dưới 1 ms . Biên độ xung phụ thuộc vào sơ đồ thực hiện và thường xấp xỉ điện áp nguồn.

Phương pháp so sánh của nhóm hai có đặc trưng là tín hiệu đầu ra có mặt cả trong vùng tác động lẫn vùng không tác động, chỉ khác ở chỗ thành phần một chiều của nó khi đó có dấu khác nhau, còn tại vùng biên của đặc tuyến tác động thành phần một chiều của tín hiệu đầu ra bằng 0, trong khi thành phần xoay chiều có giá trị cực đại.

Vì khuôn khổ của cuốn sách có hạn nên sau đây chỉ giới thiệu một vài sơ đồ so sánh hai đại lượng điện dùng trong các rơle tĩnh.

6.8. SƠ ĐỒ SO SÁNH CÁC ĐẠI LƯỢNG TUYỆT ĐỐI DÙNG KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN

Phần tử khuếch đại thuật toán thuộc họ vi mạch tích hợp *IC* (integrated circuits) được ứng dụng rộng rãi trong kỹ thuật điện tử hiện đại. Ở đây ta chỉ xét một sơ đồ so sánh tiêu biểu dùng phần tử khuếch đại thuật toán (hình 6-4).



Hình 6-4. Sơ đồ so sánh dùng KTT

Đầu vào của sơ đồ chính là hai đại lượng cần so sánh E_1 và E_2 đã được nắn dòng và là phẳng để thành dòng một chiều.

Vì dòng vào đầu đảo rất nhỏ nên điện thế của đầu vào đảo bằng:

$$U_{1v} = R_2/(R_1 + R_2).E_1 \quad (6\text{-}7)$$

Theo định luật Kirhop I, ở đầu vào không đảo ta có:

$$\frac{E_2 - U_{2v}}{R_3} + \frac{U_r - U_{2v}}{R_4} = 0 \tag{6-8}$$

do đó:

$$U_{2v} = \frac{R_4}{R_3 + R_4}.E_2 + \frac{R_3}{R_3 + R_4}.U_r \tag{6-9}$$

Khi $E_1 << E_2$, giá trị $U_{1v} < U_{2v}$, đầu ra của phần tử khuếch đại có thế dương và điôt D mở, do đó điện áp ra U_r dương và bằng áp rơi trên điôt mở:

$$U_r = U_d \tag{6-10}$$

Khi giá trị E_1 đủ lớn sao cho $U_{1v} > U_{2v}$, nghĩa là:

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2}.E_1 > \frac{R_4}{R_3 + R_4}.E_2 + \frac{R_3}{R_3 + R_4} + U_d \tag{6-11}$$

thế ở đầu ra trở nên âm và điốt D đóng. Đồng thời U_{2v} giảm đi vì phần hai của (6-9) âm. Sự giảm U_{2v} lại càng làm tăng điện thế âm ở đầu ra. Quá trình này tiếp diễn cho đến khi U_r đạt giá trị tới hạn âm - U nguồn:

$$U_r = - U_{nguồn} \tag{6-12}$$

Như vậy khi giá trị E_1 thỏa mãn điều kiện (6-11), nghĩa là:

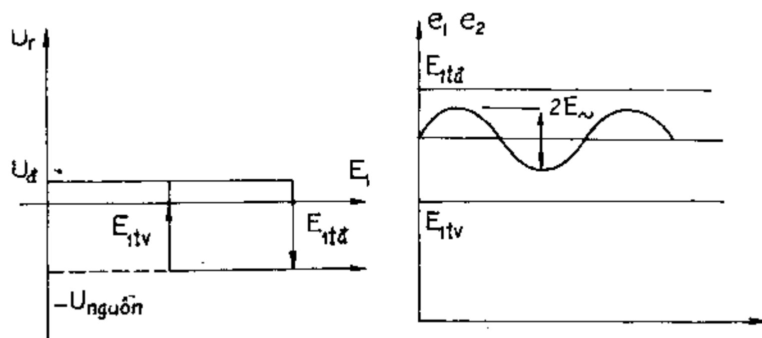
$$E_1 > E_{1td} = \frac{R_4(R_1 + R_2)}{R_2(R_3 + R_4)}E_2 + \frac{R_3(R_1 + R_2)}{R_2(R_3 + R_4)}U_d \tag{6-13}$$

Sơ đồ tác động, U_r thay đổi đột ngột từ U_d đến $U_{nguồn}$. Để có tác động nghịch (trở về) của sơ đồ, cần phải có điều kiện:

$$E_1 < E_{1tv} = \frac{R_4(R_1 + R_2)}{R_2(R_3 + R_4)}E_2 - \frac{R_3(R_1 + R_2)}{R_2(R_3 + R_4)}U_{nguồn} \tag{6-14}$$

Như vậy giá trị $E_{1td} > E_{1tv}$, khi $U_{1v} < U_{2v}$ đầu ra lại trở nên có áp dương (xem (6-10)). Nếu chọn:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \tag{6-15}$$



Hình 6-5. Giải thích nguyên lý làm việc của sơ đồ so sánh dùng KTT

giá trị E_{1td} và E_{1tv} có dạng:

$$E_{1td} = E_2 + (R_1 + R_2)U_d \qquad (6\text{-}16)$$

$$E_{1tv} = E_2 - (R_1/R_2).\ U_{nguồn} \qquad (6\text{-}17)$$

Đồ thị $U_r = f(E_1)$ được biểu diễn trên hình 6-5.

Do khi nắn dòng chưa tốt $E_1 - E_2$ có chứa thành phần dao động $e_1 - e_2$ có thể gây ra sự làm việc không ổn định của mạch. Vì vậy cần phải tuân theo điều kiện:

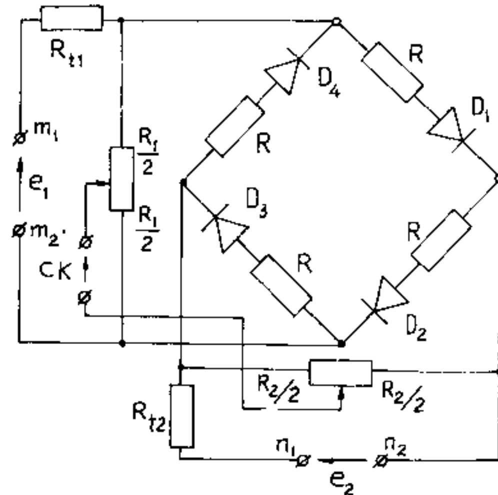
$$E_{1td} - E_{1tv} > 2E_{\sim} \qquad (6\text{-}18)$$

$E_{\sim}$ - biên độ của dao động $e_1 - e_2$.

Sơ đồ so sánh dùng *KTT* có thể tham khảo thêm ở mục 4.7.5.

6.9. SO SÁNH PHA HAI ĐẠI LƯỢNG ĐIỆN DÙNG SƠ ĐỒ NẮN DÒNG NHẬY CẢM PHA

Sơ đồ so sánh theo pha hai đại lượng điện e_1 và e_2 dùng phần tử nắn dòng nhậy cảm pha trình bày trên hình 6-6, hướng các mũi tên chỉ chiều dương của s.đ.đ. và chiều dòng khiến cho cái chỉ không *CK* tác động.



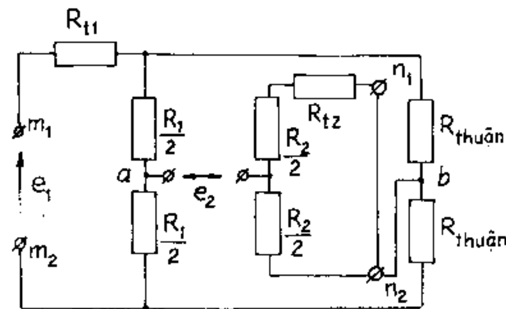
Hình 6-6. Sơ đồ so sánh pha dùng phần tử nắn dòng nhậy cảm pha

Giả thiết là $e_1 > e_2$. Theo chiều dương sức điện động e_1 mở các điốt D_1, D_2 và đóng D_3, D_4. Điện trở mạch điốt khi mở, kể cả điện trở *R* mắc nối tiếp, ta ký hiệu bằng $R_{thuận}$. Tác động của sơ đồ có thể phân thành hai chế độ.

Chế độ thứ nhất: sức điện động $e_2 = 0$, nghĩa là điểm n_1 và n_2 được nối tắt với nhau. Khi đó sơ đồ có dạng mới (hình 6-7).

Giữa các điểm đẳng thế *a* và *b* có mắc mạch bao gồm cái chỉ không *CK* và hai điện trở $R_2/2$ và $R_{2/2} + R_{t2}$ (R_{t2} - điện trở trong). Dòng không chạy qua mạch này, do đó sức điện động e_1 không gây dòng điện qua cái chỉ không.

Chế độ thứ hai: sức điện động $e_2 = 0$, nghĩa là m_1 và m_2 được nối tắt. Khi đó sơ đồ (hình 6-6) có dạng như được trình bày ở hình 6-8. Giữa 2 điểm a_1 và b_1 có mắc mạch chứa cái chỉ không *CK*. Với chiều dương sức điện động e_2 như trên hình vẽ, dòng chạy qua *CK* từ a_1 đến b_1 (chiều dương). Vì trong chế độ thứ nhất không có dòng chạy qua cái chỉ không, nên dòng chạy qua *CK* trong điều kiện khi $e_1 \neq 0$, $e_2 \neq 0$ sẽ được xác định bởi dòng trong chế độ thứ hai.



Hình 6-7. Chế độ thứ nhất

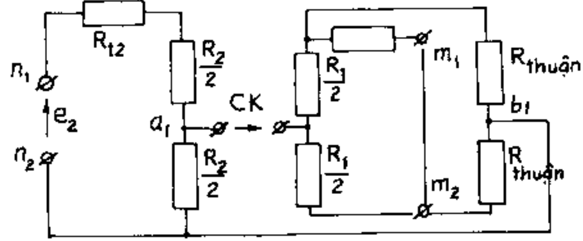
Như vậy khi $e_1, e_2 > 0$, $I_{ck} > 0$; $e_1 > 0$; $e_2 < 0$; $I_{ck} < 0$. Việc xem xét tỉ mỉ

sẽ cho thấy trong trường hợp tổng quát khi e_1 và e_2 cùng dấu $I_{ck} > 0$, trái dấu $I_{ck} < 0$.

Trong trường hợp e_1 và e_2 có dạng hình sin, I_{ck} cũng sẽ có dạng hình sin. Giá trị trung bình I_{ck} sẽ có chiều dương nếu:

$$-\frac{\pi}{2} < \varphi \leq \frac{\pi}{2} \qquad (6\text{-}19)$$

với $\varphi = \psi_1 - \psi_2$ - góc lệch pha của e_1 và e_2.



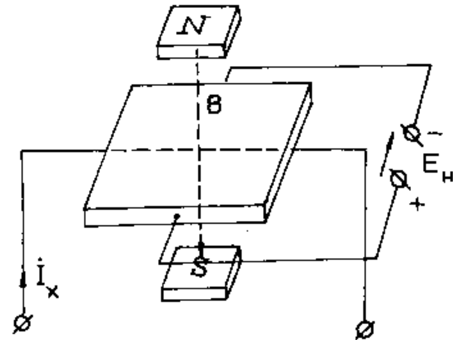
Hình 6-8. Chế độ thứ hai

Ưu điểm của sơ đồ trên là đơn giản và không cần nguồn trong, nhưng có nhược điểm là không điều chỉnh được mức tác động.

6.10. SO SÁNH PHA HAI ĐẠI LƯỢNG ĐIỆN DÙNG PHẦN TỬ HOLL

Nguyên tắc của phương pháp là dựa vào hiệu ứng Holl, có thể trình bày như sau:

Trong những chất rắn (dẫn điện hoặc bán dẫn) có dòng điện chạy qua và được đặt trong từ trường, sẽ xuất hiện hiệu điện thế E_H theo hướng vuông góc với hướng dòng điện và với hướng từ trường. Hiệu điện thế E_H được gọi là suất điện động Holl (hình 6-9).



Hình 6-9.

Trong trường hợp dòng điện I_x và từ trường B có dạng hình sin thì suất điện động E_H cũng có dạng hình sin chứa thành phần không đổi:

$$E_{Hkd} = KU.I\cos(\varphi + \gamma_1 - \gamma_2) \qquad (6\text{-}20)$$

trong đó:

U - điện áp hiệu dụng để tạo nên cảm ứng B:

$$B = k_1.Ue^{j\gamma_1} \qquad (6\text{-}21)$$

I - dòng hiệu dụng, sao cho:

$$I_x = k_2Ie^{j\gamma_1} \qquad (6\text{-}22)$$

φ - góc chậm của I so với U.

Sự phụ thuộc của E_{Hkd} vào φ cho phép sử dụng phần tử Holl làm sơ đồ so sánh pha hai đại lượng điện. Nếu nối cái chỉ không CK nhạy cảm với dấu của E_{Hkd} vào phần tử Holl, thì CK sẽ tác động với giá trị dương của E_{Hkd}, nghĩa là khi góc φ thỏa mãn điều kiện:

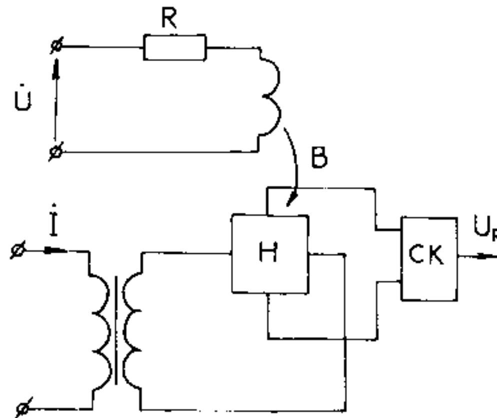
$$-\frac{\pi}{2} - \gamma_1 + \gamma_2 < \varphi < \frac{\pi}{2} - \gamma_1 + \gamma_2 \qquad (6\text{-}23)$$

Biểu thức (6-23) tương đương với (1-7), khi:

$$\varphi_1 = -\frac{\pi}{2} - \gamma_1 + \gamma_2; \varphi_2 = \varphi_1 + \pi$$

Thay cho U và I ta có thể dùng các đại lượng E_1 và E_2 (xem (1-8)). Khi đó việc so sánh pha giữa U và I được thực hiện tương tự như ở mục 1.9.

Trên hình 6-10 trình bày sơ đồ so sánh pha giữa U và I dùng phần tử Holl H và cái chỉ không CK. Vì phần tử Holl cho sức điện động E_H nhỏ nên người ta thường dùng tầng khuếch đại nhậy với hiệu điện thế giá trị thấp.



Hình 6-10.

Nhược điểm của sơ đồ so sánh pha dùng phần tử Holl là sai số do ảnh hưởng của biến thiên nhiệt độ khá lớn.

6.11. CÁC TIẾP ĐIỂM ĐẦU RA CỦA ROLE TĨNH

Bộ phận thao tác đầu ra của các rơle tĩnh là các sơ đồ cho phép đóng và ngắt mạch các dòng có công suất lớn để điều khiển các thiết bị điện như máy cắt v.v... hoặc để nối mạch đi báo tín hiệu. Chúng có thể được phân loại thành phần tử có tiếp điểm và phần tử không tiếp điểm. Các dòng thao tác đầu ra của chúng cũng giống như ở rơle điện cơ.

Phần tử có tiếp điểm thường được sử dụng là các rơle phân cực làm việc với dòng một chiều và điện áp của nguồn nuôi, thường từ 24 V trở xuống. Các tiếp điểm của rơle thường làm từ vật liệu chất lượng cao, được đặt trong hộp kín. Khác với cuộn tiếp điểm của rơle điện cơ được dùng với cả mục đích so sánh nên thường cồng kềnh, rơle đầu ra của các rơle bảo vệ tĩnh thường có kích thước nhỏ gọn và chỉ thực hiện chức năng đóng ngắt.

Phần tử đầu ra không tiếp điểm của các rơle tĩnh thường sử dụng các linh kiện bán dẫn công suất lớn như tranzito, thyristor hoặc các vi mạch công suất khác. Đã có giai đoạn người ta nói nhiều đến các rơle bảo vệ không tiếp điểm như một xu hướng phát triển tất yếu của các loại rơle tĩnh, song trên thực tế điều này chưa xảy ra. Trong các rơle tĩnh, thậm chí các rơle số hiện đại, rơle đầu ra có tiếp điểm vẫn được sử dụng rộng rãi. Điều này có thể là do các linh kiện bán dẫn công suất có khả năng chịu đựng kém đối với các dòng rò hoặc đảo dấu ở mạch điều khiển, điều mà trên thực tế trong quá trình sử dụng vẫn hay xảy ra. Ngoài ra sơ đồ điều khiển chúng tương đối phức tạp. Các sơ đồ rơle không tiếp điểm có thể tham khảo trên các hình 4-16a,b (sử dụng tranzitor) hoặc 4-43 (sử dụng thyristor). Ở đây bộ phận đầu ra thường được mắc theo sơ đồ kiểu mạch lật có hồi tiếp dương để khi tác động sẽ dẫn dòng ổn định. Hệ số trở về được xác định theo độ sâu của hồi tiếp dương.

Chương 7

CẤU TẠO CỦA RƠLE BẢO VỆ SỐ

Chương này dành riêng cho việc giới thiệu cấu tạo, nguyên lý làm việc của các rơle số đặc biệt là các rơle sử dụng bộ vi xử lý. Ngoài ra ở đây còn đề cập đến các khía cạnh liên quan đến việc sử dụng và bảo dưỡng các thiết bị này.

Rơle số là sản phẩm của công nghệ cao và là kết quả của sự phát triển của khoa học kỹ thuật trong giai đoạn vừa qua. Ở đây tập trung những kiến thức tương đối mới về toán học, kỹ thuật điện, điện tử và tin học. Do khuôn khổ của cuốn sách có hạn nên tác giả chỉ đưa ra những nét chính trong nguyên lý làm việc của chúng. Việc nghiên cứu tỉ mỉ hơn sẽ là đề tài của các cuốn sách chuyên khảo khác.

7.1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ RƠLE BẢO VỆ KỸ THUẬT SỐ

7.1.1. Ưu nhược điểm của rơle số so với các rơle thế hệ cũ

7.1.1.1. Ưu điểm

Rơle số có các ưu điểm sau:

+ Độ tin cậy làm việc cao do:

- hạn chế được nhiễu và sai số do nguyên lý truyền thông tin bằng số;

- sử dụng các linh kiện có công suất tiêu thụ rất nhỏ nên nhiệt độ bên trong thiết bị khi làm việc không cao;

- không sử dụng phần động trong mạch lôgic nên không có quán tính, không bị kẹt do rỉ, két bụi v.v...;

- có khả năng kết hợp nhiều chức năng bảo vệ trong một thiết bị thay vì phải sử dụng nhiều rơle riêng rẽ. Điều này làm tăng độ tin cậy của rơle vì giảm thiểu được các dây nối bên ngoài;

- không bị trôi tham số trong quá trình vận hành.

+ Có khả năng tự lập trình được nên có độ linh hoạt cao, dễ dàng sử dụng cho các đối tượng bảo vệ khác nhau.

+ Độ nhạy, độ chính xác cao, thời gian tác động nhanh (đối với bảo vệ cắt nhanh).

+ Khả năng bảo vệ tinh vi, sát với ngưỡng chịu đựng của đối tượng bảo vệ. Thí dụ, có thể chọn các đặc tuyến bảo vệ quá dòng với thời gian phụ thuộc có các độ nghiêng khác nhau sao cho phù hợp với đối tượng bảo vệ.

+ Thời gian hiệu chỉnh ngắn nên không phải cắt điện lâu khi đưa vào vận hành.

+ Có khả năng tự kiểm tra tình trạng làm việc của bản thân thiết bị. Điều này đặc biệt hữu ích đối với việc phát hiện các hư hỏng từ bên trong rơle.

+ Có khả năng đo lường và nối mạng phục vụ cho việc đo lường điều khiển, giám sát,

điều chỉnh tự động từ xa.

+ Có khả năng hiển thị thông tin tốt cho người sử dụng, nhất là với sự trợ giúp của các chương trình phần mềm sử dụng máy vi tính.

+ Có chức năng ghi nhớ các sự kiện và hiện tượng bất thường phục vụ cho việc phân tích sự cố và khả năng làm việc của hệ thống.

7.1.1.2. Nhược điểm

+ Giá thành cao nên đòi hỏi vốn đầu tư lớn khi nâng cấp đồng loạt các rơle cũ bằng rơle số. Điều này cần đặc biệt chú ý vì rơle số đòi hỏi cấp độ dự phòng cao hơn các rơle thế hệ cũ, khi một thiết bị bao gồm nhiều chức năng bảo vệ kết hợp bị sự cố sẽ gây tác hại lớn nếu không được dự phòng tốt.

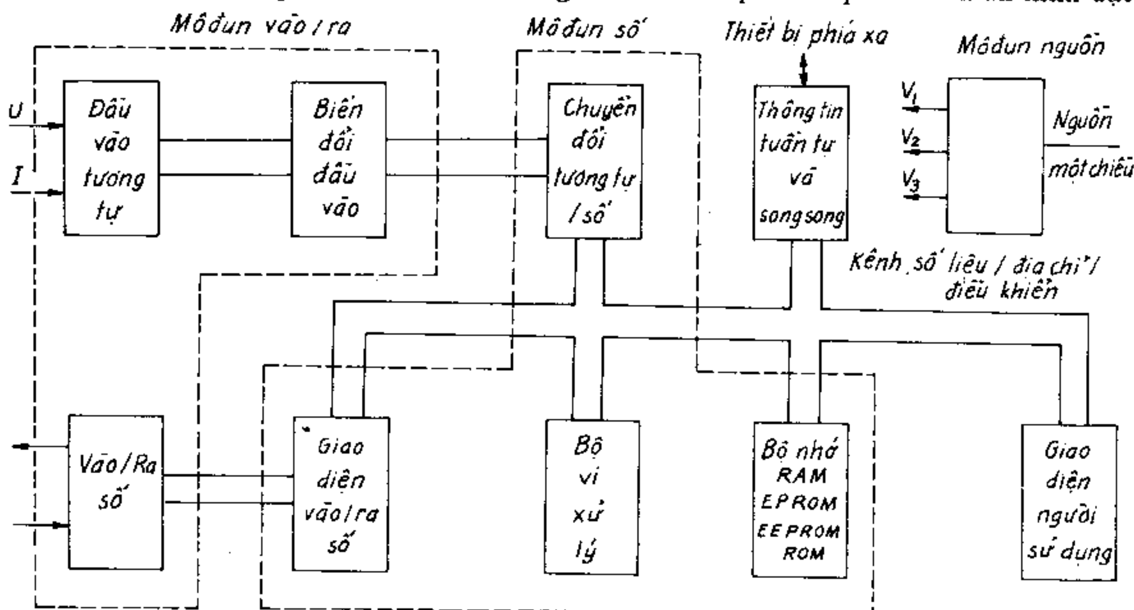
+ Đòi hỏi người vận hành phải có trình độ cao.

+ Phụ thuộc nhiều vào bên cung cấp hàng trong việc sửa chữa và nâng cấp thiết bị.

7.1.2. Sơ đồ khối của các rơle số sử dụng bộ vi xử lý

Trên hình 7-1 trình bày sơ đồ khối của một rơle bảo vệ số điển hình sử dụng bộ vi xử lý.

Thông tin về đối tượng bảo vệ sẽ được đưa vào rơle qua đầu vào tương tự và đầu vào số. Bộ phận biến đổi đầu vào lọc và khuếch đại tín hiệu tương tự thành đại lượng phù hợp với đầu vào của bộ chuyển đổi tương tự - số. Tại đây các tín hiệu tương tự sẽ được chuyển đổi thành giá trị số tỷ lệ với thông tin đầu vào. Bộ vi xử lý được đưa vào chế độ làm việc theo chương trình chứa trong bộ nhớ lập trình được *EPROM* hoặc *ROM*. Nó so sánh thông tin đầu vào với các giá trị đặt chứa trong bộ nhớ xóa ghi bằng điện *EEPROM*. Các phép tính trung gian được lưu giữ tạm thời ở bộ nhớ *RAM*. Trong trường hợp có sự cố, bộ vi xử lý sẽ phát ra tín hiệu số điều khiển các rơle đầu ra ở bộ phận vào/ra số đóng hoặc khép mạch. Người sử dụng có thể trao đổi thông tin với rơle qua bàn phím và màn hình đặt ở



Hình 7-1. Sơ đồ khối của rơle bảo vệ dùng bộ vi xử lý

mặt trước của rơle. Trạng thái làm việc của rơle có thể hiển thị trên các đèn *LED* đặt tại đây hoặc qua màn hình. Rơle liên lạc với các thiết bị bên ngoài hoặc với trung tâm điều độ qua cổng thông tin tuần tự. Toàn bộ các bộ phận phần cứng của rơle được cung cấp nguồn bởi bộ chuyển đổi nguồn "một chiều / một chiều" với các cấp điện áp khác nhau. Nguồn cung cấp một chiều bên ngoài có thể là ăcqui hoặc bộ nguồn xoay chiều - một chiều lấy dòng từ lưới điện 220 V hoặc 380 V.

7.1.3. Dùng chương trình phần mềm điều khiển phần cứng

Một trong những điểm khác biệt nổi bật về mặt công nghệ của rơle số so với các rơle thế hệ trước là kỹ thuật sử dụng phần mềm điều khiển phần cứng. Để hiểu được nguyên lý làm việc mới này của rơle số, ta cần quay lại hình 5-42 với sơ đồ của thiết bị giao diện của máy vi tính. Qui trình tiếp nhận thông tin tương tự và thông tin số từ bên ngoài của rơle số cũng tương tự như của thiết bị giao diện, chỉ có điểm khác là thiết bị giao diện trao đổi thông tin qua lại với bộ vi xử lý của máy vi tính theo kênh số liệu, kênh điều khiển và kênh địa chỉ thông qua các giắc cắm chuẩn đặt trên kênh bản mạch chính của máy vi tính (xem mục 5.14. *Sử dụng máy vi tính trong việc thu thập tin và điều khiển*) trong khi ở các rơle số việc ghép nối được thực hiện trực tiếp thông qua các giắc cắm. Bộ vi xử lý, các bộ đệm, bộ chuyển đổi tương tự số, bộ chốt v.v... khi đó ở trên cùng một bản mạch (hình P6- 4, P6- 5 phụ lục).

Ta hãy xét một rơle số sử dụng bộ vi xử lý Intel 80186 (mục 5.12) có 16 bit kênh dữ liệu nhưng chỉ sử dụng 8 bit dưới từ *D*0 đến *D*7 để thu thập thông tin. Phần vào ra số liệu số và tương tự giống như của bộ giao diện ở hình 5-42. Như ta đã biết ở mục 5.14, các bộ đệm, bộ chốt, bộ chuyển đổi tương tự số muốn hoạt động và làm việc phối hợp nhịp nhàng với nhau cần phải nhận được các lệnh điều khiển từ bộ vi xử lý gửi đến. Các lệnh điều khiển này đến hoặc qua kênh số liệu ((như lệnh chọn đầu vào tương tự của bộ chuyển đổi tương tự số *ADC*0809 (5-38)) hoặc theo kênh địa chỉ qua bộ giải mã để xuất hiện ở đầu ra vi mạch 74*LS*138. Lệnh điều khiển được tạo ra khi bộ vi xử lý thực hiện các lệnh của chương trình phần mềm ứng dụng (mục 7.9.3) dưới dạng mã máy gồm hai phần chính: lệnh và tham số của lệnh. Lệnh dưới dạng mã máy rất gần với lệnh ngôn ngữ bậc thấp như Assembler, thí dụ như đối với lệnh vào ra từ (5-30) đến (5-37) đều có chung dạng mã máy như sau:

Lệnh vào số liệu:

Dòng thứ nhất (mã lệnh) 11011011

Dòng thứ hai (tham số của lệnh): Địa chỉ cổng vào dưới dạng cơ số 2.

Lệnh ra số liệu :

Dòng thứ nhất (mã lệnh): 11010011

Dòng thứ hai (tham số của lệnh): Địa chỉ cổng ra dưới dạng cơ số 2.

Khi thực hiện lệnh ra số liệu để khởi động bộ chuyển đổi tương tự - số như lệnh (5-40), bộ vi xử lý sẽ phát ra trên kênh địa chỉ. Địa chỉ của cổng ra (ở đây là 31*D* cơ số 16, tức là 1 1 0 0 0 1 1 1 0 1 cơ số hai) dưới dạng tín hiệu điện áp tương ứng: lôgic 1 tương ứng với điện áp cao, lôgic 0 ứng với điện áp thấp, có nghĩa là: $A_o = 1$; $A_1 = 0$; $A_2 = 1$; $A_3 = 1$;

$A_4 = 1$; $A_5 = 0$; $A_6 = 0$; $A_7 = 0$; $A_8 = 1$; $A_9 = 0$ (A_i - dây bit thứ *i* của kênh địa chỉ). Đồng thời bộ vi xử lý cũng gửi theo kênh điều khiển các tín hiệu sau:

- "Cho phép chốt địa chỉ": $\overline{AEN} = 0$;
- "Đọc số liệu ra" : $\overline{IOW} = 0$,khi tín hiệu này bằng 0, thì tín hiệu "Đọc số liệu vào" $\overline{IOR}$ sẽ mặc nhiên bằng 1 (dấu gạch chỉ trạng thái phủ định).

Bộ giải mã bao gồm vi mạch *74LS*138 và bộ VÀ 8 đầu vào *74LS*30 sẽ sử dụng tất cả các trạng thái lôgic của kênh địa chỉ và kênh số liệu như sau:

- Đầu ra của vi mạch *74LS*30 (*U*2) sẽ có lôgic 0 (vì tất cả đầu vào của nó có giá trị lôgic 1), do đó sẽ mở khóa *G2A* và *G2B* của *U*3.
- Đầu ra của vi mạch *U*6 có giá trị lôgic 1 (vì các đầu vào của nó có giá trị lôgic đối nhau) sẽ mở khóa *G*1 của vi mạch *U*3.

Vi mạch *74LS*138 khi đó sẽ giải mã cơ số 2 ở các đầu vào *ABC* thành các tín hiệu điều khiển ở 8 đầu ra từ *Y*0 đến *Y*7 của nó (hình 5-42 và mục 5.8.3).

Ứng với địa chỉ 31*D* cơ số 16 là tín hiệu điều khiển ở đầu ra *Y*5 dưới dạng tích cực thấp. Để nó có thể kích hoạt được đầu vào *ST* (khởi động) của bộ chuyển đổi *ADC* 0809, cần phải sử dụng bộ đảo tín hiệu (với các chân 10, 11 của vi mạch 6 bộ đảo 7404).

Như vậy ta đã chứng kiến qui trình làm việc của bộ vi xử lý và bộ giải mã để tạo ra các tín hiệu điều khiển các linh kiện phần cứng từ các lệnh mã máy của chương trình phần mềm. Bằng cách sử dụng các lệnh và các tham số lệnh khác nhau, ta có thể tạo ra các tín hiệu điều khiển khác nhau để các linh kiện phần cứng thực hiện đầy đủ qui trình làm việc của mình, thí dụ với bộ chuyển đổi *ADC*0809 trong việc chọn điểm đo tín hiệu tương tự và biến chúng thành các tín hiệu số, sau đó tải vào bộ nhớ có địa chỉ nào đó như đã trình bày ở mục 5.14. Đây chính là ví dụ rất điển hình minh họa cho công nghệ dùng phần mềm điều khiển phần cứng.

7.2. CÁC TÍN HIỆU ĐẦU VÀO VÀ ĐẦU RA

7.2.1. Đầu vào tương tự

Tùy theo từng ứng dụng mà số lượng đầu vào tương tự của rơle có thể thay đổi. Đối với rơle dòng, đầu vào dòng thường là ba dòng pha (ba đầu vào và ba đầu ra) hoặc hiếm hơn là hiệu các dòng pha và đôi khi còn có đầu vào và ra cho dòng thứ tự không. Dòng này có thể lấy từ dòng tổng của ba dòng thứ cấp các biến dòng (*BI*) pha hoặc lấy từ cuộn thứ cấp biến dòng thứ tự không.

Đối với rơle áp, đầu vào áp thường là ba áp pha hoặc hiếm hơn với áp dây (ba đầu vào và ba đầu ra) hoặc đôi khi còn có đầu vào ra cho áp thứ tự không nối tới cuộn thứ cấp tam giác hở của biến điện áp *BU* ba pha năm trụ. Đối với các rơle dùng cả áp lẫn dòng như rơle khoảng cách, có thể có tất cả các đầu vào như trên (tối đa 8 đầu vào).

Các giá trị danh định của các *BU, BI* được sử dụng tại các đầu vào tương tự cần phải được cài đặt trong bộ nhớ của rơle. Dòng danh định thứ cấp của *BI* dùng cho rơle số thường là 1 *A* hoặc 5 *A*, áp thứ cấp của *BU* là 100 V, đôi khi 110 V hoặc hơn. Nếu không cho hệ số biến áp biến dòng thì có thể cho dòng và áp danh định sơ cấp của đối tượng được bảo vệ. Tùy theo loạt sản phẩm hoặc đơn đặt hàng mà cuộn dòng đầu vào của rơle có thể làm việc

với giá trị 1 *A* hay 5 *A*. Nếu giá trị này không khớp với giá trị thứ cấp danh định của biến dòng đặt trên đối tượng bảo vệ thì cần phải đặt biến dòng trung gian hoặc thay đổi số vòng dây của biến dòng đặt trên đối tượng bảo vệ. Đối với cuộn áp, vấn đề phù hợp giá trị danh định không đặt ra vì các rơle thường có cuộn áp chịu được tới 140 V nên có thể dùng được với các giá trị thứ cấp khác nhau của *BU*.

Các đầu vào tương tự được nối tới các cuộn biến dòng hoặc biến áp trung gian đầu vào đặt bên trong rơle. Như trên đã nói (xem mục 6.5), các bộ biến đổi này ngoài nhiệm vụ làm phù hợp các giá trị tương tự cho các mạch tín hiệu tiếp theo mà còn có chức năng ngăn cách về mặt vật lý giữa đầu vào và mạch bên trong rơle để bảo vệ phần điện có công suất thấp.

7.2.2. Đầu vào số

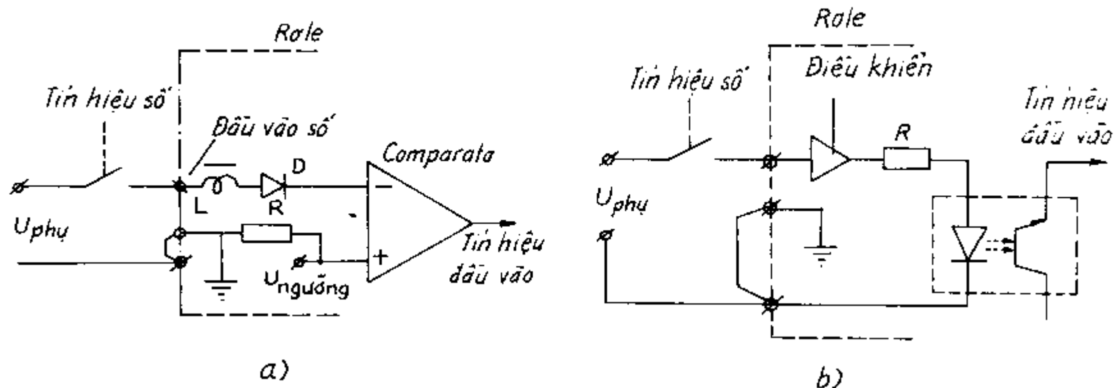
Các đầu vào số (hay còn gọi là đầu vào trạng thái) cung cấp thông tin về trạng thái làm việc của hệ thống điện hay các thiết bị bảo vệ khác. Các thông tin này chỉ có hai giá trị 0 hoặc 1. Các đầu vào này có thể chia làm ba loại và thay đổi tùy theo từng rơle bảo vệ.

- Thông tin do đối tượng bảo vệ cung cấp, thí dụ như máy cắt dao,tiếp địa ở trạng thái đóng hoặc mở (do tiếp điểm phụ của thiết bị đóng cắt thông báo), máy cắt không làm việc, cực máy cắt không đồng nhịp v.v...

- Thông tin do các bảo vệ khác cung cấp, thí dụ như bảo vệ khí của máy biến áp (bảo vệ Buchholz) cảnh báo hay tác động, tín hiệu khóa hay cho phép trong sơ đồ cắt liên động, tín hiệu cắt trực tiếp từ bảo vệ cấp dưới, tín hiệu đồng bộ thời gian giữa các bảo vệ v.v...

- Tín hiệu điều khiển từ xa của người sử dụng, thí dụ như giải trừ các cảnh báo, giải trừ rơle, điều khiển đóng cắt máy cắt, lấy thông tin nhật ký làm việc của rơle và bản ghi các sự kiện, khóa hoặc cho phép chức năng tự đóng lại (*TĐL*) làm việc v.v...

Tín hiệu đầu vào thường là các tín hiệu điện áp được lấy từ nguồn phụ một chiều ($U_{phụ}$). Nguồn phụ này có thể là nguồn một chiều nuôi rơle hoặc điện áp khác có các giá trị danh định như sau (tùy theo chủng loại rơle): 24, 30, 48, 60, 110, 220 V. Thường một rơle được chế tạo có khả năng làm việc với nhiều điện áp tín hiệu đầu vào số khác nhau. Việc chuyển cấp điện áp làm việc được thực hiện bằng cách chuyển các cầu nhảy (jumper) hay để nguyên hoặc cắt các dây nối tại một vài vị trí trên bản mạch thiết bị.



Hình 7-2. Bộ cách ly đầu vào sử dụng comparatơ (a) và bộ chuyển đổi quang điện (b)

Về mặt cấu tạo, sơ đồ mạch tín hiệu số đầu vào cũng thường là các bộ cách ly làm việc theo hai nguyên tắc khác nhau có tác dụng bảo vệ thiết bị chống sự cố bên ngoài (hình 7-2).

- *Bộ cách ly đầu vào sử dụng comparatơ:* Bộ cách ly loại này lợi dụng khả năng cách ly của các bộ so sánh dùng khuếch đại thuật toán comparatơ (xem mục 4.6) với tổng trở đầu vào lớn (hình 7-2a). Tín hiệu đầu vào sẽ xuất hiện ở đầu ra bộ comparatơ khi điện áp tín hiệu lớn hơn $U_{ngưỡng}$. Dòng tiêu thụ khi đó chỉ khoảng 1 ÷ 10 mA. Cuộn chặn *L* hình xuyến với vài vòng dây cuốn có tác dụng chặn các nhiễu xung kim ở đầu vào. Ở đây điốt *D* đóng vai trò tạo ngưỡng cho mạch đầu vào.

- *Bộ cách ly đầu vào sử dụng bộ chuyển đổi quang điện* (hình 7-2b): Khi có điện áp tín hiệu, điốt phát quang sẽ sáng làm mở thông tranzito truyền tín hiệu điện áp vào mạch bên trong. Bộ chuyển đổi quang điện được thiết kế với cổng có điều khiển ở đầu vào. Nó chỉ cho tín hiệu vào bên trong khi bộ vi xử lý quét đến đầu vào số đang xét. Điều này làm giảm công suất tiêu thụ của mạch đầu vào số trong chế độ chờ.

7.2.3. Đầu ra số

Các tín hiệu đầu ra cơ số hai có thể phân loại theo 4 nhóm:

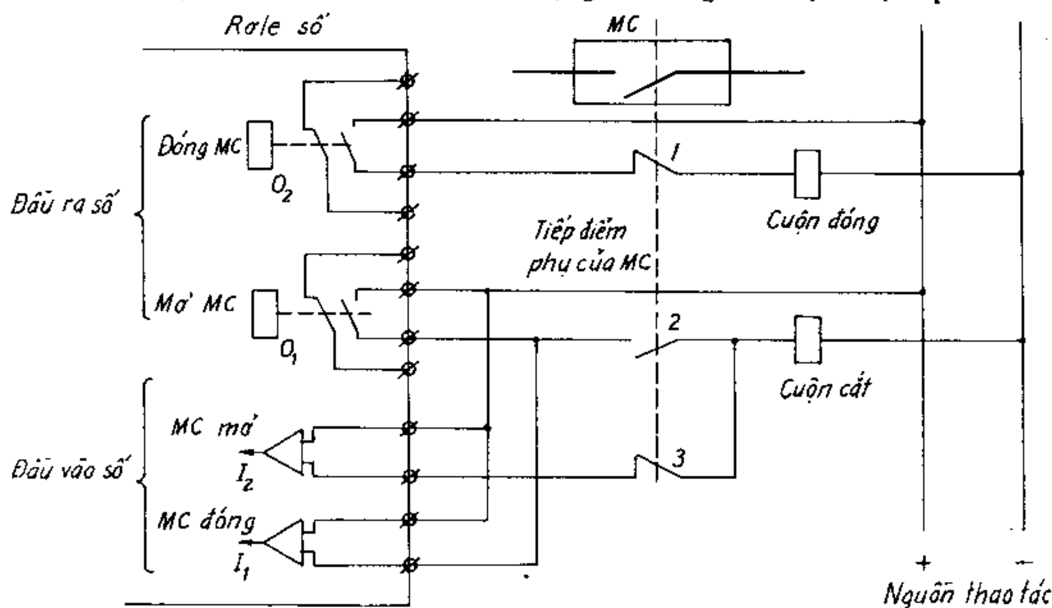
- *Nhóm các tín hiệu điều khiển:* Được đóng cắt mạch bởi các rơle đầu ra. Hầu hết các rơle số hiện nay đều sử dụng các rơle có tiếp điểm để làm phần tử thao tác đầu ra. Điều này có thể dễ dàng nhận ra qua tiếng động phát ra từ các tiếp điểm khi chúng đóng ngắt mạch. Điện áp làm việc của chúng thường là dòng một chiều dưới 24 V. Tiếp điểm có khả năng làm việc với dòng cắt lớn. Thí dụ trong rơle khoảng cách *7SA511* của Siemens có hai loại rơle đầu ra như trình bày trên bảng 7-1. Tiếp điểm điều khiển sử dụng điện áp thao tác bên ngoài để thực hiện các qui trình đóng cắt máy cắt như cắt một pha, cắt ba pha, đóng ba pha (xem hình 7-15, P6-2).

Bảng 7-1

Tên hãng địa điểm sản xuất	Số lượng	Đặc điểm sơ đồ	Chức năng	Nguồn nuôi cuộn điều khiển	Nhãn hiệu	Điện áp và dòng đầu ra	
						Theo hãng sản xuất	Theo Siemens
Matsushita · CHLB Đức	5	− + 1 4 8 7 6 5	Báo tín hiệu	24 V DC	ST1/ 8A1/4HP125	30 V DC 5 A 380 V AC 8 A	250 V 1 A Công suất cắt 20W /VA
Siemens Bồ Đào Nha	13	Hai tiếp điểm đầu ra Một cuộn điều khiển	Điều khiển	12 V DC	V23037/ A0002	250 V AC 15A	250 V 5A duy trì 30A trong 0,5 s cắt 30W/VA

Tiếp điểm điều khiển thường có công suất cắt và dòng làm việc lớn hơn tiếp điểm báo tín hiệu. Đôi khi, để tăng độ tin cậy thao tác, người ta sử dụng các cặp tiếp điểm kép mắc song song với nhau, cho phép giảm khả năng tiếp điểm bị hở khi cần khép mạch điều khiển. Trên hình 7-3 giới thiệu sơ đồ làm việc có thể có kết hợp giữa đầu vào và đầu ra số với các cuộn điều khiển máy cắt [10]. Khi máy cắt *MC* mở, cuộn cắt bị khóa bởi tiếp điểm

phụ 2 của *MC*. Tiếp điểm phụ *3* đóng, đầu vào số "Máy cắt mở" nhận được tín hiệu áp. Khi tiếp điểm rơle đầu ra "Đóng máy cắt" khép mạch, cuộn đóng làm việc. Tiếp điểm phụ sẽ khóa cuộn đóng và đưa cuộn cắt vào tình trạng sẵn sàng làm việc. Điện áp sẽ biến mất ở



Hình 7-3. Sơ đồ làm việc kết hợp giữa đầu vào/đầu ra số của rơle số

đầu vào I_2, đồng thời xuất hiện ở đầu vào I_1 thông báo trạng thái "Máy cắt đóng".

- *Nhóm các tín hiệu cảnh báo:* cũng sử dụng các rơle có tiếp điểm (bảng 7- 1) để đi báo tín hiệu (bằng đèn, còi v.v...) trên bảng điều khiển hoặc cho nơi nhận tin ở xa.

- Nhóm các tín hiệu điều khiển đèn *LED* trên mặt trước của rơle thông báo các thông tin cơ bản nhất về tình trạng làm việc của rơle. Theo nguyên tắc, các tín hiệu này không sử dụng tiếp điểm đầu ra vì điện áp làm việc của đèn *LED* rất bé, chỉ $\leq$ 3 V (xem mục 5.11), mà lấy trực tiếp từ các đầu ra của các vi mạch số phần lôgic sau khi đã được khuếch đại.

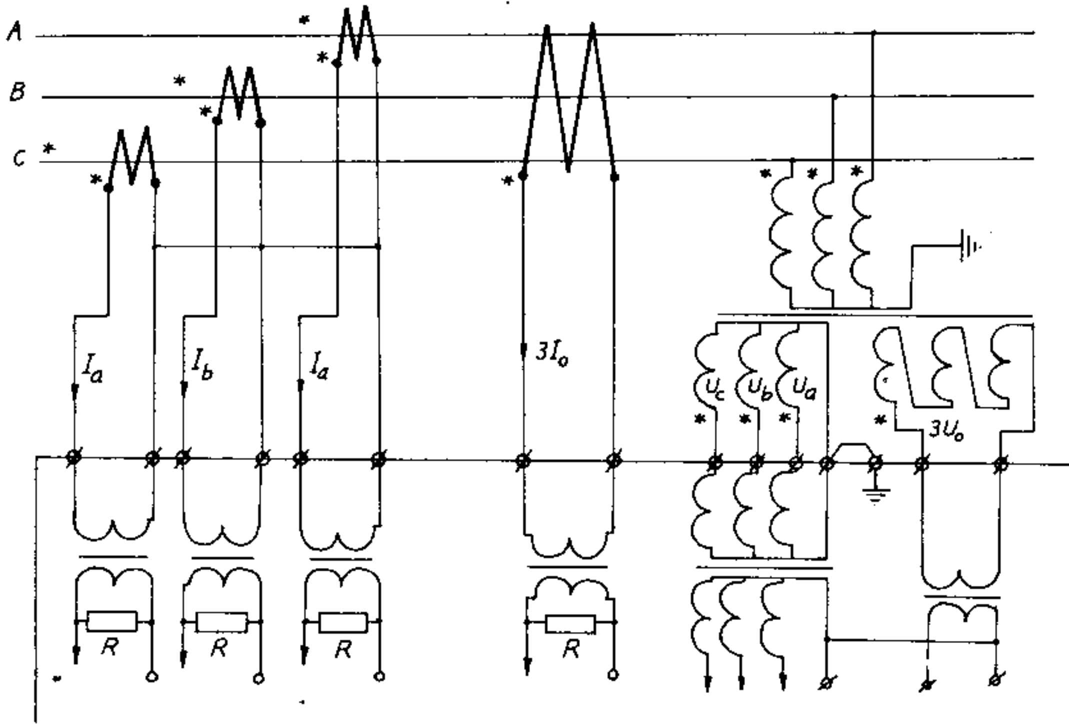
Thường thì mỗi đèn *LED* tương ứng với một thông tin cần thông báo cho người sử dụng. Tuy nhiên trong một số loại rơle, ý nghĩa của mỗi đèn *LED* có thể gán cho một trong những thông báo nào đó bằng cách lập trình từ bàn phím cho người sử dụng thực hiện (marshalling).

- *Nhóm các tín hiệu trạng thái bên trong rơle.* Trong nhiều rơle số thường có đặt một số các thanh ghi (xem mục 5.4.1) để ghi nhận trạng thái của các phần tử lôgic - thành phần của các chức năng bảo vệ dưới dạng các tham số. Người sử dụng có thể hiển thị các tham số này trên màn hình của rơle hoặc truy xuất từ xa qua cổng tuần tự. Thí dụ như trên hình 5- 1, việc kiểm tra tín hiệu cắt có thể tiến hành theo các tham số lôgic ở đầu ra của các rơle tổng trở cũng như tiếp điểm phụ của máy cắt. Số lượng các tham số này trong các rơle số dao động từ hàng chục cho đến hàng trăm. Chúng thường được lưu trữ trong các địa chỉ cố định hoặc trong một nhánh nào đó của menu hình cây và bình thường không hiển thị ra ngoài. Việc nghiên cứu chúng thường là do các cán bộ kỹ thuật chuyên sâu tiến hành.

7.3. XỬ LÝ CÁC TÍN HIỆU TƯƠNG TỰ

7.3.1. Các bộ biến đổi đầu vào

Đó là các biến áp, biến dòng tín hiệu và tranreactơ. Chúng có chức năng và cấu tạo giống như các bộ phận tương tự của các rơle tĩnh (xem mục 6.5). Các biến áp tín hiệu thường có số vòng dây lớn, kích thước dây nhỏ. Biến dòng tín hiệu có số vòng dây nhỏ, kích thước dây lớn. Trên hình 7-4 giới thiệu cách đấu nối các biến dòng *BI*, biến áp *BU* với các biến dòng biến áp tín hiệu trong bảo vệ tổng hợp.



Hình 7-4. Sơ đồ nối các BU, BI với các bộ biến đổi tín hiệu đầu vào

Ở đây *R* đóng vai trò bộ lọc dòng. Trong nhiều trường hợp có thể không sử dụng biến dòng và biến áp thứ tự không mà dùng các biến dòng pha mắc theo sơ đồ hình sao và các biến áp pha mắc theo sơ đồ tam giác hở. Trong rơle số hiện nay, các dòng và áp ba pha thường được sử dụng đồng thời, không có các bảo vệ đơn pha.

7.3.2. Các bộ lọc sơ bộ và khuếch đại

Tín hiệu tương tự ở đầu ra của các bộ biến đổi tín hiệu đầu vào thường qua các bộ lọc sơ bộ tần số thấp, với tín hiệu cao tần bị chặn lại. Các bộ lọc này là các bộ lọc tần bậc một kiểu *R-C* hay *L-R* (xem mục 6.6.3). Các bộ lọc bậc cao không sử dụng vì làm tăng độ trễ của tín hiệu. Trong các rơle số, các bộ lọc tương tự chỉ có vai trò bộ lọc thô. Các tín hiệu thông tin tiếp theo đó được lọc tinh ở các bộ lọc số mà ta sẽ xét ở sau. Các bộ lọc thô có tác dụng loại bỏ các thành phần sóng hài bậc cao tần số lớn hơn một nửa tần số lấy mẫu để giảm sai số vì theo định lý Shannon (xem mục 7.3.4) các bộ lọc số không có khả năng phản ứng đối với các thành phần này.

Tín hiệu đầu ra của các bộ biến đổi tín hiệu chưa thể phù hợp được ngay với giá trị đầu vào của các bộ chuyển đổi tương tự số được chọn. Các bộ chuyển đổi này thường làm việc với áp đầu vào có dải biến thiên từ 0 đến U_{dd} hoặc $-U_{dd}$ đến $+U_{dd}$. Vì vậy người ta thường dùng các bộ biến đổi và khuếch đại các tín hiệu dòng và áp thành các giá trị phù hợp như trên. Bộ khuếch đại như vậy trong các rơle số thường là các bộ khuếch đại thuật toán.

7.3.3. Bộ chuyển đổi tương tự số

Các bộ chuyển đổi tương tự số trong các rơle số thường có các chức năng sau đây:

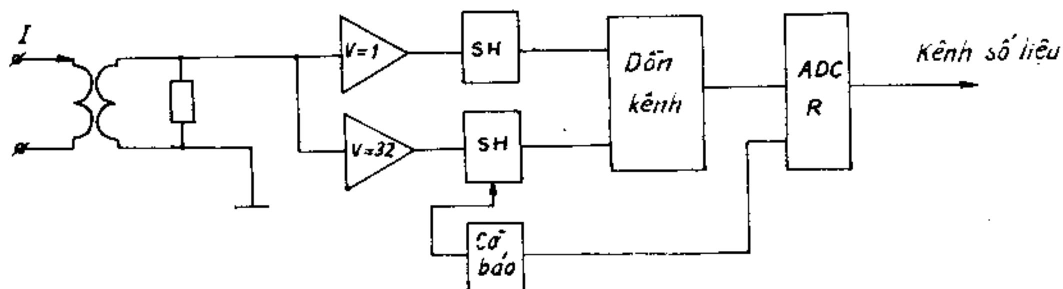
- Chức năng dồn kênh: cho phép một bộ biến đổi *ADC* có thể làm việc với nhiều đầu vào tương tự.

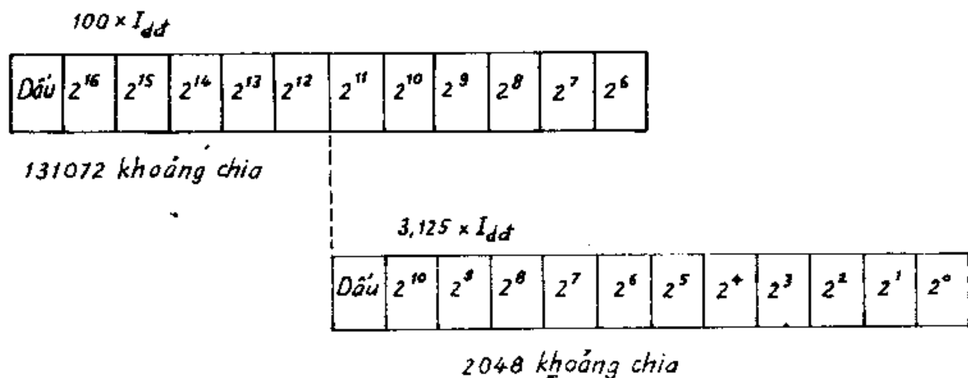
- Chức năng trích và giữ mẫu (*SH*) tín hiệu tương tự.

- Chức năng chuyển đổi tín hiệu tương tự thành mã cơ số hai ở đầu ra (xem các mục mục 5.6.2, 5.6.3, 5.6.4).

Từ 8 giá trị dòng và áp đầu vào (I_a, I_b, I_c, I_o và U_a, U_b, U_c, U_o), các bộ biến đổi tạo ra tối đa 11 tín hiệu tương tự(I_a, I_b, I_c, I_o, U_a, U_b, U_c, U_o và U_{ab}, U_{bc}, U_{ca}). Chúng được trích và giữ mẫu với tần số N khoảng 8, 12, 16, 20 lần trong một chu kỳ 20 ms tuỳ theo từng loại rơle. Thí dụ với rơle bảo vệ so lệch *LFCB*, $N = 8$, rơle khoảng cách *SEL*-321, $N = 16$, với rơle khoảng cách 7*SA*511, $N = 20$.

Các tín hiệu tương tự sau khi được dồn kênh sẽ lần lượt được chuyển đổi thành tín hiệu số cơ số 2. Bộ *ADC* của rơle số thường có 12 bit, trong đó 11 bit dữ liệu và 1 bit dấu.





Hình 7-5. Bộ chuyển đổi tương tự số nhiều dải đo

Như vậy miền biến thiên của đại lượng đầu vào sẽ từ $-X_v$ đến $+X_v$.

Vì tín hiệu đầu vào biến thiên rất lớn (dòng ngắn mạch có thể đạt giá trị 100 dòng danh định) nên ở đây người ta sử dụng bộ *ADC* có hai dải đo, dải với dòng nhỏ và dải với dòng lớn. Việc chuyển dải đo được thực hiện theo hai phương pháp: phương pháp phần cứng và phương pháp phần mềm.

Trên hình 7-5 trình bày sơ đồ chuyển đổi dải đo sử dụng thủ thuật sơ đồ phần cứng.

Theo sơ đồ này, khi tín hiệu đầu vào lớn (vượt quá 3,125 lần giá trị danh định), các bit đầu ra số của bộ chuyển đổi bị tràn, bộ chuyển đổi sẽ phát tín hiệu cờ báo để chuyển mạch trích và giữ mẫu *SH* sang làm việc với dải đo mới bằng cách thay đổi hệ số khuếch đại của mạch. Khi đó mỗi bit cơ số hai ở đầu ra của bộ *ADC* sẽ có giá trị gấp 32 lần giá trị trong chế độ dải đo thấp. Trong một số loại rơle, do tốc độ thu thập thông tin nhanh, người ta phải sử dụng bộ vi xử lý và bộ nhớ riêng có công suất lớn để điều khiển vài bộ *ADC*.

7.3.4. Định lý lấy mẫu tín hiệu tương tự

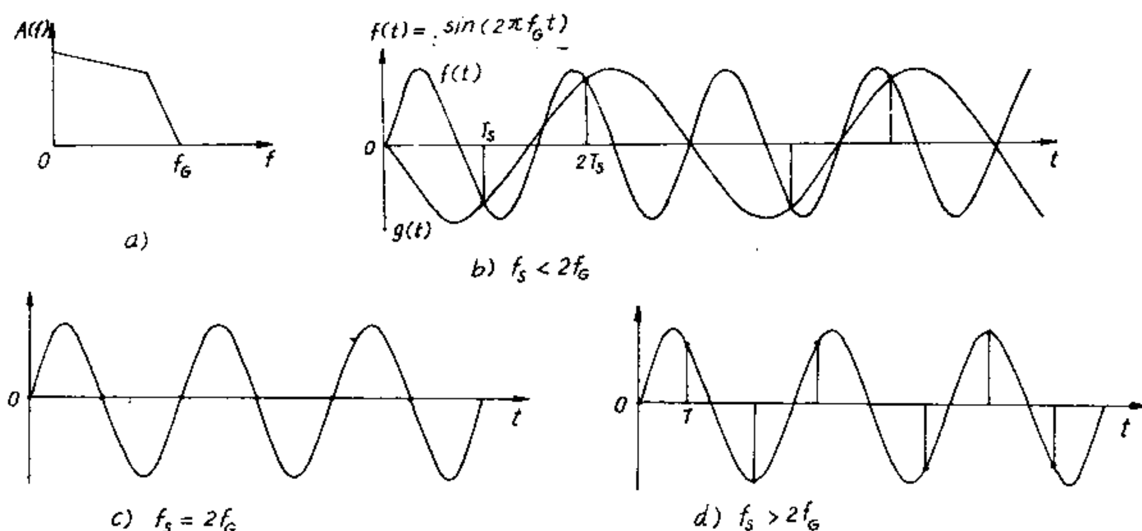
Theo các tài liệu phương Tây, định lý này gọi là định lý Shannon, còn theo tài liệu Liên Xô (cũ), nó được gọi là định lý Cotelnicov.

Bài toán đặt ra là với các tín hiệu cơ số hai nhận được ở đầu ra của bộ *ADC* làm thế nào có thể khôi phục lại tín hiệu tương tự $f(t)$ ở đầu vào. Định lý lấy mẫu đặt ra điều kiện ràng buộc đối với việc chọn giá trị tần số lấy mẫu f_s sao cho việc khôi phục tín hiệu $f(t)$ là thực hiện được. Giả sử tín hiệu đầu vào $f(t)$ có phổ tần $A(f)$ như trên hình 7-6a với f_G là tần số lớn nhất của tín hiệu $f(t)$. Theo định luật lấy mẫu, ta chỉ có thể khôi phục lại $f(t)$ một cách chính xác từ các mẫu rời rạc $f(n,T_s)$ nếu như:

$$f_s \geq 2f_G$$

hay
$$T_s \leq \frac{1}{(2f_G)} \qquad (7\text{-}1)$$

ở đây T_s là chu kỳ lấy mẫu.



Hình 7-6. Giải thích định lý lấy mẫu

Trên hình 7-6b,c,d trình bày các đồ thị ứng với các tần số lấy mẫu f_s khác nhau. Trong trường hợp $f_s < 2f_G$ như ở hình 7-6b, các giá trị lấy mẫu $f(nT_s)$ có thể hiểu là của tín hiệu tương tự $f(t)$ mà cũng có thể là của tín hiệu $g(t)$. Nếu ta chọn tín hiệu $g(t)$ thì thông tin đã bị sai lệch.

Như vậy nếu trong dòng sự cố đầu vào, thành phần sóng hài bậc n trở đi có giá trị không đáng kể thì ta phải chọn giá trị N (số lần lấy mẫu trong một chu kỳ tần số công nghiệp) sao cho $N \geq 2n$.

7.4. CÁC BỘ LỌC SỐ

7.4.1. Đặc điểm của các bộ lọc số

Bộ lọc số thực hiện việc tách tín hiệu có ích $x_0(t)$ từ tín hiệu đầu vào là hỗn hợp của tín hiệu có ích và tín hiệu nhiễu $x_V(t) = x_0(t) + x_n(t)$ bằng cách xử lý theo phương pháp số các giá trị rời rạc $X_V(nT)$ nhận được ở đầu ra của bộ chuyển đổi tương tự - số (*ADC*). Bộ lọc có thể được thực hiện bằng sơ đồ phần cứng hoặc bằng phần mềm. Trong các ứng dụng bảo vệ, tín hiệu có ích thường là dòng hay áp hình sin chu kỳ 50 Hz (60Hz).

Các bộ lọc tương tự trong trường hợp chung được biểu diễn bằng công thức (6-6) với toán tử của phép biến đổi Laplas $p = j\omega = d/dt$. Hàm truyền của bộ lọc số sử dụng phương pháp tương đương là phép biến đổi rời rạc Laplas với toán tử $z = e^{j\omega T}$ sẽ có dạng sau:

$$K(z) = \frac{x_r(z)}{x_V(z)} = \frac{A'(z^{-1})}{B'(z^{-1})} = \frac{\sum_{i=0}^{m} a'_i z^{-i}}{1 + \sum_{j=1}^{n} b'_j z^{-j}} \qquad (7\text{-}2)$$

Ở đây a'_i, b'_j - các hệ số; $m < n$;

z^{-1} - biến phức thực hiện phép toán trễ đi một chu kỳ tín hiệu đầu ra, có nghĩa là $z^{-1}x_r(nT) = X_r[(n-1)T]$.

Các bộ lọc số có ưu điểm là tốc độ thao tác nhanh, độ chính xác và độ ổn định cao, thuận tiện cho việc xử lý thông tin số tiếp theo. Một vài phương pháp cho phép giảm thời gian lọc xuống cỡ một chu kỳ tần số công nghiệp, điều này làm tăng tốc độ xử lý thông tin của rơle số lên đáng kể so với rơle tĩnh và rơle điện cơ.

Các bộ lọc số trong các rơle số có thể được thực hiện bằng phương pháp phần cứng hoặc phần mềm theo ba cách chính sau đây:

- Dùng các bộ lọc số theo mẫu tương đương với các bộ lọc tương tự.
- Dùng phương pháp đạo hàm.
- Dùng phương pháp biến đổi Fourier một chu kỳ.

7.4.2. Các bộ lọc số tương đương

Trong thời gian đầu, khi áp dụng kỹ thuật số trong bảo vệ rơle, điều tự nhiên là sử dụng các bộ lọc số tương đương với các bộ lọc tương tự đã được nghiên cứu kỹ và ứng dụng có hiệu quả trong các rơle tĩnh. Nhiệm vụ ở đây là xác định các hệ số a'_i, b'_j của bộ lọc số ở (7-2) theo các hệ số a_i, b_j của bộ lọc tương tự tương đương ở (6-6). Việc này có thể tiến hành theo hai phương pháp sau:

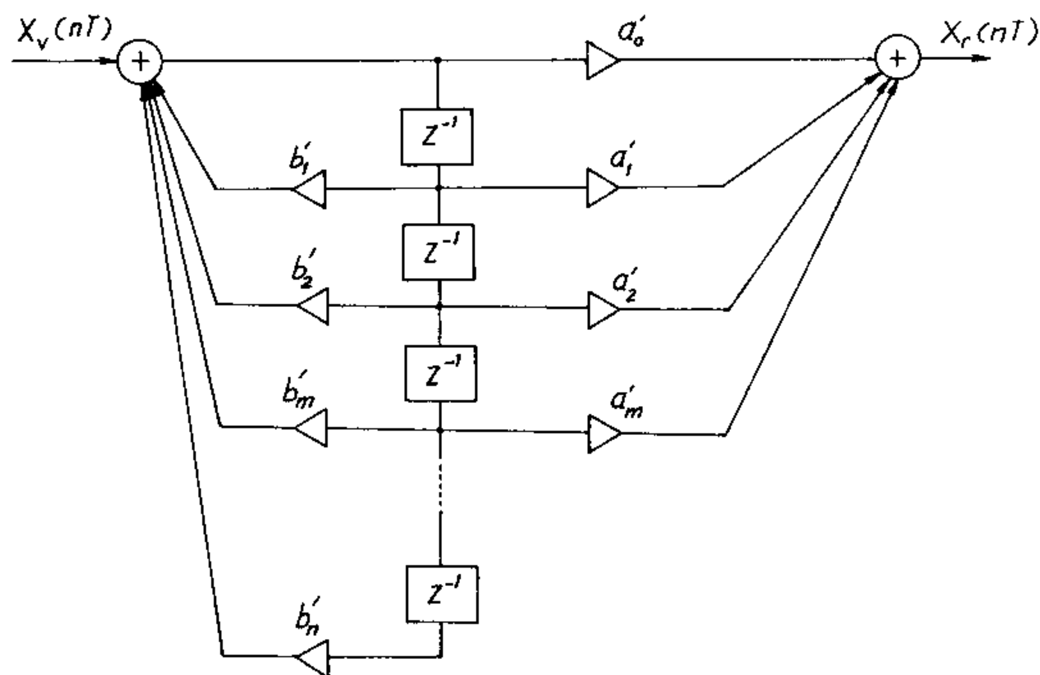
- Dùng phép biến đổi 2 chiều giữa hàm p và hàm z:

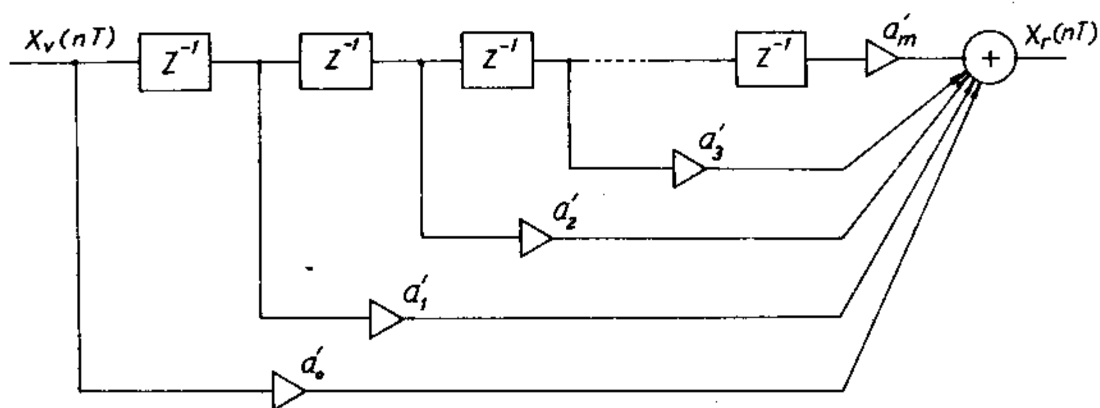
$$p = (1 - z^{-1})/T; \quad z = 1/(1 - pT) \qquad (7\text{-}3)$$

Thay giá trị của p trong biểu thức (6-6) bằng phép biến đổi như ở (7-3) ta nhận được hàm biến đổi của bộ lọc số tương tự:

$$K(z) = \frac{A'(z^{-1})}{B'(z^{1})} = \frac{U_r[(1 - z^{-1})/T]}{U_v[(1 - z^{-1})/T} \qquad (7\text{-}4)$$

- Biến đổi biểu thức hàm truyền $K(p)$ thành dạng tổng các phân số tối giản:





Hình 7-7. Sơ đồ khối các bộ lọc: a. truy hồi và b. không truy hồi

$$K(p) = \sum_{i=1}^{q} \alpha_i/(p - p_i) \qquad (7\text{-}5)$$

với q - bậc của bộ lọc tương tự;

p_i - cực của bộ lọc (nghĩa là nghiệm của phương trình $U_v(p) = 0$ với $U_v(p)$ là đa thức biến p).

Sử dụng bảng biến đổi ngược từ hàm p sang hàm z đối với các biểu thức tối giản, ta nhận được

$$K(z) = \sum_{i=1}^{q} \alpha_i/(1 - z^{-1}e^{p_iT}) \qquad (7\text{-}6)$$

Sau đó biến đổi biểu thức $K(z)$ nhận được về dạng (7-2). Kết quả bộ lọc số tính theo (7-4) và (7-6) sẽ hơi khác nhau về đặc tính biên độ tần cũng như pha.

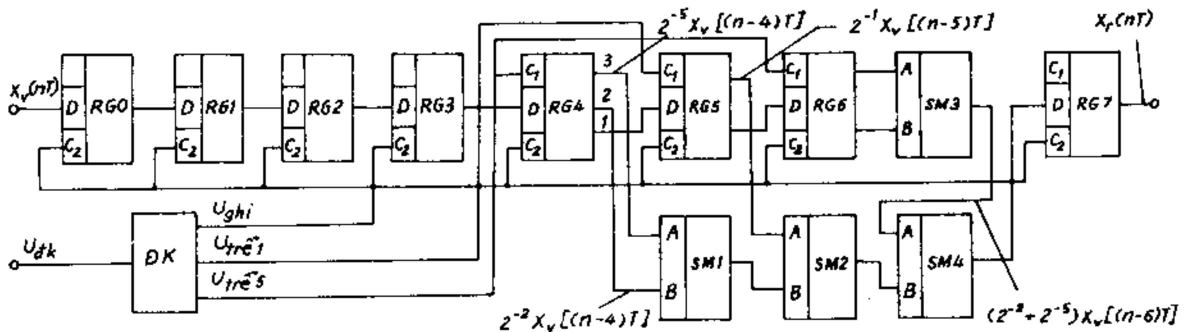
Để thực hiện bộ lọc (7-2) bằng các phương tiện kỹ thuật, người ta chia các bộ lọc ra làm hai loại: bộ lọc truy hồi và không truy hồi [8,13]. Bộ lọc truy hồi thực hiện biểu thức (7-2) với hàm $B'(z^{-1})$ ở mạch phản hồi, còn ở bộ lọc không truy hồi $B'(z^{-1}) = 1$, nó không có mạch phản hồi. Trên hình 7-7 trình bày sơ đồ khối của bộ lọc truy hồi (a) và không truy hồi (b).

Trên hình 7-8 giới thiệu sơ đồ nguyên lý bộ lọc không truy hồi có dạng [13]:

$$x_r(nT) = a'_4 X_v[(n - 4)T] + a'_5 \cdot X_v[(n - 5)T] + a'_6 X_v[(n - 6)T] \qquad (7\text{-}7)$$

Bộ lọc sử dụng các bộ trễ dưới dạng các thanh ghi *RG* và các bộ cộng *SM*. Ở đây $a'_5 = 2^{-1}$; $a'_4 = a'_6 = 2^{-2} + 2^{-5}$.

Bộ lọc theo công thức (7-2) cũng có thể được thực hiện bằng phương pháp phần mềm. Do khuôn khổ quyển sách có hạn nên không trình bày phương pháp này ở đây.



Hình 7-8. Bộ lọc không truy hồi dùng thanh ghi và bộ cộng

7.4.3. Bộ lọc số dùng phương pháp đạo hàm

Đây là phương pháp thuần túy bằng phần mềm cho phép xác định nhanh biên độ và pha của một tín hiệu hình sin dựa vào các mẫu rời rạc của nó. Giả sử ta có tín hiệu có ích đầu vào dạng $x_0(t) = i(t) = I\sin(\omega t + \theta)$, đồng thời các mẫu rời rạc nhận được $i(n\Delta T)$ là thuộc về tín hiệu có ích này. Trong khi xác định biên độ I và pha θ, các giá trị đó của hàm $x_0(t)$ là không đổi. Ta có đạo hàm của $x_0(t)$:

$$i'(t) = \omega I\cos(\omega t + \theta) \qquad (7\text{-}8)$$

Tại mọi thời điểm t:

$$I^2 = I^2[\sin^2(\omega t + \theta) + \cos^2(\omega t + \theta)] = i^2(t) + i'^2(t)/\omega^2 \quad (7\text{-}9)$$

Đạo hàm của dòng i tại điểm $k\Delta T$ có thể xác định theo các giá trị kề nó $i[(k - 1)\Delta T]$ và $i[(k + 1)\Delta T]$:

$$i'(k\Delta T) = \frac{i[(k + 1)\Delta T] - i[(k - 1)\Delta T]}{2\Delta T} \quad (7\text{-}10)$$

Ở đây ΔT - chu kỳ lấy mẫu.

Như vậy (7-9) có thể viết thành:

$$I^2 = i^2(k\Delta T) + \left(\frac{i[(k + 1)\Delta T] - i[(k - 1)\Delta T]}{2\Delta T\omega}\right)^2 \quad (7\text{-}11)$$

Khi đó góc pha θ được xác định như sau:

$$\theta = \text{arctg}\left[\frac{2w\Delta T\, i(k\Delta T)}{i[(k + 1)\Delta T] - i[(k - 1)\Delta T]}\right] \quad (7\text{-}12)$$

7.4.4. Bộ lọc số dùng phương pháp biến đổi Fourier một chu kỳ

Phương pháp dựa trên việc tính toán hai hàm trực giao sin và cosin trong thời gian lấy mẫu bằng chu kỳ tần số công nghiệp. Nó cho phép tách tín hiệu có ích ra khỏi các nhiễu không chu kỳ và sóng hài bậc cao. Các hàm trực giao sin và cosin như sau:

$$I_s = \frac{2}{N}\left[\sum_{n-1}^{N-1} \sin(\omega n\Delta T).\, i(n\Delta T)\right] \quad (7\text{-}13)$$

$$I_c = \frac{2}{N}\left[\frac{i(o)}{2} + \frac{i(N\Delta T)}{2} + \sum_{n=1}^{N-1}\cos(\omega n\Delta T).i(n\Delta T)\right] \quad (7\text{-}14)$$

trong đó:

N - số lần lấy mẫu trong một chu kỳ tần số công nghiệp T;

ω - tần số góc cơ sở: $\omega = 2\pi f$;

$i(n\Delta T)$ - giá trị tức thời của tín hiệu được lấy mẫu ở thời điểm $n\Delta T$;

I_s - tích phân hàm sin của phép biến đổi Fourier từ tín hiệu $i(t)$;

I_c - tích phân hàm cosin của phép biến đổi Fourier từ tín hiệu $i(t)$;

$i(o)$, $i(N\Delta T)$ - các giá trị tức thời của tín hiệu $i(t)$ tại thời điểm đầu và cuối chu kỳ T.

Ta dễ dàng thấy rằng $\Delta T = T/N$ và $\omega\Delta T = 2\pi/N$.

Ta có thể xác định biên độ và pha của vectơ $i(t)$ tại thời điểm bất kỳ:

$$I\angle\theta = I_s + jI_c \quad (7\text{-}15a)$$

trong đó :

$$\left.\begin{aligned} I &= I_s^2 + I_c^2 \\ \theta &= \text{arc tg}\frac{I_c}{I_s} \end{aligned}\right\} \quad (7\text{-}15b)$$

Nếu hạn chế các sóng hài từ bậc 3 trở xuống, ta có thể chọn $N = 8$ ($\Delta T = 2{,}5$ ms), khi đó các giá trị sin và cosin tương ứng sẽ là:

$$I_s = \frac{1}{4}\left\{\frac{1}{\sqrt{2}}[i(\Delta T) + i(3\Delta T) - i(5\Delta T) - i(7\Delta T)] + [i(2\Delta T) - i(6\Delta T)]\right\}$$

$$I_c = \frac{1}{4}\{\frac{1}{\sqrt{2}}[i(\Delta T) - i(3\Delta T) - i(5\Delta T) + i(7\Delta T)] + \frac{1}{2}[i(o) - 2i(4\Delta T) + i(8\Delta T)]\}$$

Bộ vi xử lý sẽ dễ dàng thực hiện các phép tính để xác định được I_s và I_c theo các giá trị rời rạc, từ đó xác định biên độ và pha của tín hiệu có ích, tần số 50Hz theo (7-15a,b).

7.5. CÁC PHƯƠNG PHÁP SO SÁNH TRONG RƠLE SỐ

Giống như các rơle sử dụng nguyên tắc điện cơ hoặc tương tự đã nêu trên, trong các rơle số cũng thực hiện phép so sánh các đại lượng với giá trị ngưỡng. Đối với các rơle số không sử dụng bộ vi xử lý, thao tác này được thực hiện bằng các sơ đồ phần cứng. Thực chất đó là sơ đồ so sánh hai số cơ số hai nhiều bit. Các phương pháp phần mềm được thực hiện bởi bộ vi xử lý cũng được xem xét ở đây.

7.5.1. So sánh hai đại lượng điện ở dạng số cơ số hai nhiều bit (so sánh giá trị tuyệt đối)

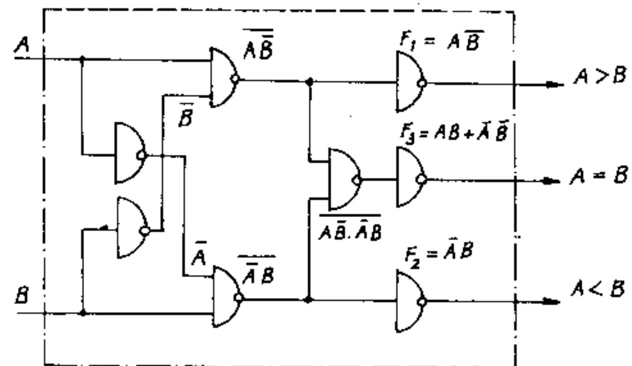
Như ta đã biết, một đại lượng điện bất kỳ có thể biểu diễn dưới dạng nhiều bit cơ số 2. Thí dụ áp 8 V được biểu diễn bằng số bốn bit 1000, với một giá trị đơn vị tương ứng với 1 V. Cách truyền thông tin là một số nhiều bit cũng có hai cách: Truyền nối tiếp, tức là truyền theo thứ tự lần lượt từ bit thấp lên bit cao. Do đó chỉ cần một đường truyền hoặc truyền song song tất cả các bit một lúc, như 8 cần 4 đường truyền. Như ở mục 5.6.3., đại lượng điện ở dạng số đã được truyền tải kiểu nối tiếp. Tồn tại những bộ chuyển đổi cho phép chuyển dạng nối tiếp thành song song và ngược lại.

Bảng 7-2.

A	B	F_1	F_2	F_3
		A > B	A < B	A=B
0	0	0	0	1
1	0	1	0	0
1	1	0	0	1
0	1	0	1	0

Sau đây trình bày nguyên tắc so sánh hai đại lượng điện ở dạng nhiều bit cơ số 2 được nhớ trong các thanh ghi. Chúng được so sánh với nhau theo từng chữ số. Điều kiện bằng nhau của hai số A và B ($A = B$) là sự bằng nhau của tất cả các chữ số của chúng. Để thành lập quan hệ giữa số A và B trong trường hợp chung cần thiết lập sơ đồ lôgic với ba hàm đầu ra F_1, F_2, F_3 tương ứng với các trường hợp $A > B$, $A < B$ và $A = B$. Khi so sánh hai số có một chữ số, các hàm này có dạng (xem bảng sự thật 7-2): $F_1 = A.\overline{B}$; $F_2 = \overline{A}.B$; $F_3 = AB + \overline{A}\overline{B}$.

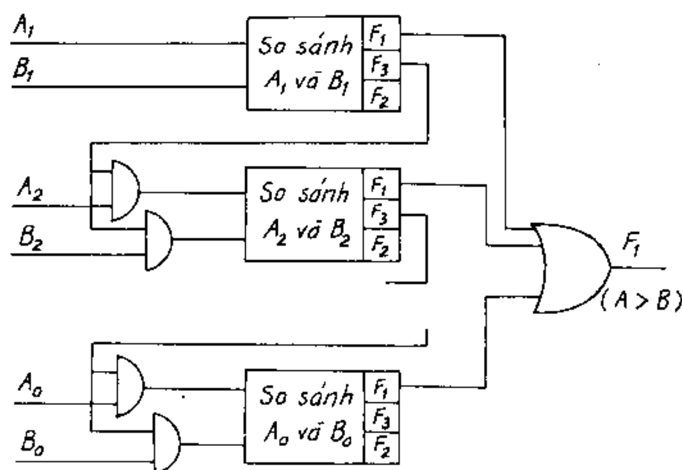
Trên hình 7-9 thể hiện sơ đồ so sánh hai số có một chữ số bằng các linh kiện cơ sở là các phần tử VÀ-KHÔNG (xem Chương 5). Sơ đồ so sánh hai số có nhiều chữ số



Hình 7-9.

$A_1, A_2,..., A_n$ và $B_1, B_2,...,B_n$ được xây dựng theo nguyên tắc là đầu tiên so sánh hai bit cao nhất A_1 và B_1, nếu bit nào cao hơn số đó sẽ cao hơn.

Nếu $A_1 = B_1$ thì lại tiếp tục so sánh A_2 và B_2, cứ thế cho đến A_n và B_n.



Hình 7-10. Sơ đồ so sánh hai số nhiều bit

Trên hình 7- 10 giới thiệu sơ đồ so sánh hai số nhiều bit A và B. Ban đầu giá trị F_3 của các phần tử so sánh bằng 0, do đó các giá trị A_2, B_2, ..., A_n, B_n không truy nhập được vào bên trong các bộ so sánh kế tiếp. Chỉ trong trường hợp các bit cao hơn được so sánh đã bằng nhau rồi thì tín hiệu từ F_3 mới mở cho bộ so sánh bit thấp hơn làm việc. Phần tử HOẶC ở đầu ra cho phép ghi nhận tất cả các đầu ra F_1 của bộ so sánh dù chỉ một giá trị 1 thì sẽ có $A > B$. Với sơ đồ này nếu trên thực tế $A \leq B$ thì sẽ không có hàm F_1 của các bộ so sánh đạt giá trị 1.

Thực chất đây là phương pháp so sánh hai đại lượng điện theo giá trị tuyệt đối. Như ta đã thấy, việc so sánh này được thực hiện bằng sơ đồ phần cứng. Tương tự như vậy trong các rơle có bộ vi xử lý, các thao tác so sánh được thực hiện bằng phần mềm dưới dạng chương trình con với thuật toán lặp so sánh hai số từ bit cao nhất trở xuống. Mỗi khi thực hiện thao tác so sánh hai biến, chỉ cần gọi chương trình con với hai tham số biến đó. Kết quả sẽ xác định được biến nào lớn nhất.

7.5.2. So sánh hai đại lượng điện theo giá trị góc pha bằng sơ đồ phần cứng

Để kiểm tra góc pha giữa hai đại lượng hình sin U_1 và U_2, trước tiên ta thực hiện các thao tác giống như đã giới thiệu ở mục 5.7.2 về bộ chuyển đổi giá trị lệch pha sang dạng số. Giá trị số nhận được tỉ lệ với độ lệch pha sẽ được so sánh với giá trị đặt như ở mục 5.7.1 để xác định các đại lượng hình sin U_1 và U_2 đồng pha hay nghịch pha.

7.5.3. So sánh hai đại lượng điện theo giá trị góc pha bằng phương pháp phần mềm

Như ta đã biết, trong rơle cảm ứng mômen quay tạo ra bởi hai đại lượng điện A và B xác định bởi công thức (2- 18):

$$M_q = k.A.B\sin\varphi$$

với:

k - hệ số tỉ lệ;

φ - góc lệch pha giữa hai vectơ A và B.

Nếu ta sử dụng kỹ thuật vi xử lý trong rơle số ta cũng có thể tạo ra đại lượng tỉ lệ với M_q theo các giá trị vectơ đầu vào A và B. Thực vậy, ta giả sử phép toán lấy tích phức của hai vectơ A và B như sau:

$$S = A.B^* = (A_x + jA_y).(B_x - jB_y)$$
$$= A_xB_x + A_y.B_y + j(A_y.B_x - A_xB_y) \quad (7\text{-}16)$$

Ở đây, dấu "*" chỉ số phức liên hợp;

A_x, A_y, B_x, B_y - tương ứng là các phần thực và ảo của các vectơ A và B.

Góc của vectơ S cũng là góc của vectơ A/B và là góc mà vectơ A vượt trước vectơ B, trong trường hợp này bằng φ.

Nếu cho góc của vectơ B bằng 0, ta có:

$$B_x = |B|; \qquad B_y = 0$$
$$A_x = |A|\cos\varphi; \quad A_y = |A|\sin\varphi$$

khi đó:

$$S = |A|.|B|\cos\varphi + j|A.B|.\sin\varphi$$

hay
$$S = P + jQ \quad (7\text{-}17)$$

với
$$P = |A|.|B|\cos\varphi; \ Q = |A|.|B|\sin\varphi$$

Các đại lượng P và Q là các bộ so sánh pha hai đầu vào. Bộ so sánh P có giá trị cực đại khi A và B bằng nhau về góc pha. Bộ so sánh Q có giá trị cực đại khi hai vectơ A và B lệch nhau góc 90^o. Đây chính là đại lượng tỉ lệ với mômen quay M_q như trong trường hợp rơle cảm ứng khi A và B là các dòng.

Trong các rơle số, bộ vi xử lý dễ dàng nhớ các giá trị P và Q tính từ các vectơ đầu vào, xác định dấu của chúng và xử lý chúng giống như các bộ so sánh pha của các rơle cảm ứng.

Để hiểu sự làm việc của các bộ so sánh hai đầu vào P và Q, ta cần biến đổi các vectơ hình sin A và B thành các giá trị lôgic, sao cho A có giá trị lôgic 1 khi $A > 0$ và giá trị lôgic 0 khi $A < 0$ (tức là A và $\overline{A}$). Tương tự ta có các biến B và $\overline{B}$. Có thể dễ dàng thấy rằng khi đó S có thể có bốn trạng thái lôgic $A.B$; $A.\overline{B}$; $\overline{A}.B$ và $\overline{A}.\overline{B}$.

Tùy theo giá trị φ lớn hơn 0 hay nhỏ hơn 0 (tức là A vượt trước B ($0 < \varphi < 180^o$) hay A chậm sau B ($0 > \varphi > 180^o$) ta chỉ có hai trình tự giá trị của S theo sự biến thiên của thời gian như sau:

- Nếu A vượt trước B: $A.B$; $\overline{A}.B$; $\overline{A}.\overline{B}$; $A.\overline{B}$; $A.B$
- Nếu A chậm sau B: $A.B$; $A.\overline{B}$; $\overline{A}.\overline{B}$; $\overline{A}.B$; $A.B$

Nếu A vượt trước B, thì A luôn thay đổi trạng thái thành lôgic ngược với B (thí dụ $AB \to \overline{A}B$), trong khi B luôn thay đổi trạng thái thành lôgic giống với A (thí dụ $\overline{A}B \to \overline{A}\overline{B}$).

Nếu A chậm sau B, thì A luôn thay đổi trạng thái thành lôgic giống với B (thí dụ $A\overline{B} \to \overline{A}\overline{B}$), trong khi B luôn thay đổi trạng thái thành lôgic ngược với A (thí dụ $\overline{A}\overline{B} \to \overline{A}B$).

Dựa vào qui trình biến đổi S khác nhau trong các trường hợp φ lớn hơn hay nhỏ hơn 0, phần mềm xử lý của rơle số sẽ xác định được hướng của các vectơ A và B so với nhau, để từ đó ra quyết định điều khiển. Nguyên lý này đã được sử dụng trong rơle định hướng công suất dùng vi xử lý.

7.6. CÁC BỘ NGUỒN DÙNG CHO RƠLE SỐ

7.6.1. Khái niệm chung

Ngoài các nguồn tín hiệu lấy từ các BU, BI, để làm việc được các rơle số phải được cung cấp nguồn từ bên ngoài. Nguồn này thường là nguồn một chiều lấy từ ăcqui hoặc từ

bộ đổi điện xoay chiều - một chiều chuyên dụng dành cho bảo vệ rơle. Trong rơle số, nguồn một chiều thường có các cấp điện áp sau đây (phụ thuộc vào loại rơle): 24, 30, 48, 60, 110, 220 V một chiều. Cấp điện áp có thể do người mua lựa chọn trong đơn đặt hàng tùy thuộc vào áp thao tác sẵn có ở nơi đặt bảo vệ.

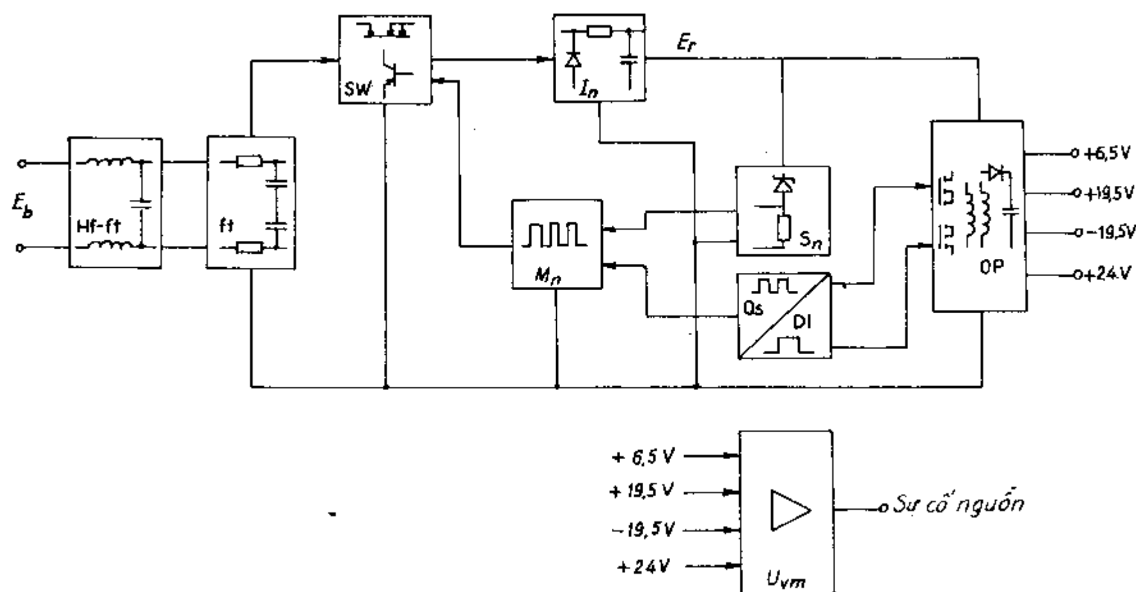
Cần phải phân biệt cấp áp của bộ nguồn chính này với cấp áp của các đầu vào và đầu ra số mà ở đây ta gọi là nguồn phụ (xem mục 7.2). Thường thì để thuận tiện các cấp áp này người ta chọn chúng bằng nhau. Nhưng nhiều khi, trong các rơle chế tạo sẵn, các cấp áp có thể khác nhau và đó là điều cần phải lưu ý khi sử dụng.

Trong rơle có bộ chuyển đổi "một chiều - một chiều" *(DC/DC)* sử dụng áp một chiều cao ở đầu vào để tạo ra các điện áp một chiều thấp hơn dành cho các mục đích khác nhau như: nuôi các vi mạch số, các bộ khuếch đại thuật toán, các điện áp điều khiển cuộn đóng ngắt các tiếp điểm của rơle đầu ra. Các mức điện áp sử dụng ở đây là ± 5 V, ± 12 V, ± 15 V và + 24 V.

7.6.2. Nguyên lý làm việc của bộ nguồn *DC/DC*

Khác với các bộ nguồn một chiều sử dụng dòng xoay chiều đầu vào có sử dụng cầu nắn dòng và mạch tạo áp độc lập với mỗi loại điện áp ra, trong bộ nguồn *DC/DC* mạch tạo áp ra được dùng chung cho tất cả các cấp áp. Ở đây sử dụng nguyên lý số xung giống như các bộ tạo áp cho cuộn lái tia sử dụng trong màn hình vô tuyến.

Trên hình 7-11 giới thiệu một trong những sơ đồ khối của bộ nguồn *DC/DC* dùng cho rơle bảo vệ.



Hình 7-11. Bộ nguồn một chiều DC/DC của rơle số

Người ta cho điện áp đầu vào E_b có một trong các giá trị đã nêu ở trên. Nhờ có bộ lọc cao tần *Hf-ft* và bộ lọc đầu vào *ft*, các thành phần chu kỳ bị loại bỏ. Tiếp điểm điện tử *SW*

được đóng mở tùy theo tín hiệu điều khiển lấy từ bộ biến điệu theo độ rộng xung M_n. Mạch áp đầu ra làm việc theo chế độ phân chia thời gian: mỗi cấp áp sẽ lần lượt được so sánh với giá trị ngưỡng. Ở đây mạch ngưỡng S_n bao gồm điôt ổn áp và điện trở so sánh. Áp sai lệch so với giá trị ngưỡng sẽ được bộ M_n biến đổi tỉ lệ thành độ rộng xung. Bộ tạo xung/chia tần O_s/D_i tạo tín hiệu điều khiển sẽ mở tiếp điểm điện tử lâu hay chóng tùy thuộc vào áp vi sai. Nhờ có mạch phản hồi âm tại sơ đồ tổng hợp áp I_n, áp này được điều chỉnh về 0, khi đó điện áp ra sẽ đạt bằng giá trị ngưỡng và được bộ khuếch đại đầu ra *OP* khuếch đại công suất và giữ lại trên các tụ áp đầu ra.

Điện áp đầu ra 6,5 V và ± 19,5 V được các vi mạch ổn áp 7805, 7815 và 7915 đưa về điện áp 5 V và ± 15 V để đi nuôi các vi mạch số và tương tự. Điện áp 24 V được đưa thẳng đến cuộn đóng cắt của các rơle đầu ra. Để các bộ ổn áp làm việc tốt, các điện áp ra của bộ chuyển đổi *DC/DC* phải cao hơn một chút so với các áp danh định của các vi mạch ổn áp. Nếu vì nguyên nhân nào đó điện áp đầu ra bị giảm, bộ phát hiện giảm áp U_{vm} sẽ phát tín hiệu cảnh báo.

7.7. CÁC CỔNG VÀO RA THÔNG TIN TUẦN TỰ

7.7.1. Khái niệm chung

Khả năng trao đổi thông tin với các thiết bị ở xa là một trong các ưu điểm nổi bật của rơle số so với các loại rơle điện cơ và rơle tĩnh. Chức năng này được thực hiện thông qua các giắc cắm chữ *D* có 9 hoặc 25 chân đặt ở mặt trước hay mặt sau của các rơle số. Đó là các cổng vào ra thông tin tuần tự được nối tới bộ giao diện vào/ra thông tin số. Bộ giao diện này có những chức năng sau đây:

- Phối hợp giữa bộ phận truyền thông tin dạng song song bên trong rơle số với bộ phận truyền tin tuần tự ở bên ngoài.

- Đồng bộ về mặt thời gian giữa phần thu và phát. Bình thường các bộ thu và phát thuộc các thiết bị khác nhau nên thông tin trong chúng được truyền với tốc độ khác nhau. Vì vậy cần phải đồng bộ hóa chế độ làm việc của hai phía về mặt thời gian.

- Phối hợp về mức điện áp và mã số của tín hiệu được truyền.

7.7.2. Chuẩn RS-232 và RS-485

Để các thiết bị thu phát có thể làm việc có hiệu quả và không gặp rắc rối khi làm việc phối hợp, từ lâu người ta đã đặt ra tiêu chuẩn cho các cổng vào ra tín hiệu tuần tự trong các thiết bị số. Đó là tiêu chuẩn *RS-232C*, với giắc cắm chữ *D* dao động từ 4 đến 37 chân (4,9,15,25,37 chân). Trong các rơle số thường dùng loại giắc cắm 9 chân và loại 25 chân. Chuẩn *RS*-232 qui định mức áp, tốc độ truyền và chức năng các chân của giắc cắm. Trên bảng 7-3 trình bày ý nghĩa các chân đầu ra của giắc cắm *D* loại 9 chân theo chuẩn *RS-232C* và ứng dụng của chúng đối với cổng tuần tự ở mặt trước rơle khoảng cách *SEL*-321.

Trên bảng 7-4 trình bày ý nghĩa các chân đầu ra của giắc cắm *D* loại 25 chân và ứng dụng của chúng đối với cổng tuần tự ở mặt trước rơle bảo vệ so lệch đường dây *LFCB*-102.

Tín hiệu trước khi đưa ra bên ngoài qua chân *TD* thường được khuếch đại bởi điện áp ± 12 V như trên hình 7.12. Ngưỡng điện áp số được qui ước là ± 3 V. Bất kỳ tín hiệu có áp lớn hơn +3 V được coi có lôgic 0 hoặc giá trị thấp (L), còn tín hiệu có áp nhỏ hơn - 3 V được

Bảng 7-3. **Giắc cắm loại 9 chân theo tiêu chuẩn *RS*-232*C* ứng dụng với *SEL*-321**

Số thứ tự	Ký hiệu	Ý nghĩa	Vào/Ra	Cổng PORT3 ở mặt trước rơle SEL-321
1	-	Chưa gán	-	Không nối
2	RXD	Đầu nhận tin	Vào	RXD
3	TXD	Đầu phát tin	Ra	TXD
4	DTR	Dữ liệu thiết bị đầu cuối sẵn sàng	Ra	Không nối
5	SGND	Dây đất của tín hiệu		GND
6	DSR	Sẵn sàng đặt dữ liệu	Vào	Không nối
7	RTS	Yêu cầu gửi tín hiệu	Ra	RTS luôn kích hoạt
8	CTS	Xóa đi để gửi tín hiệu	Vào	Không nối
9	-	Chưa gán	-	GND

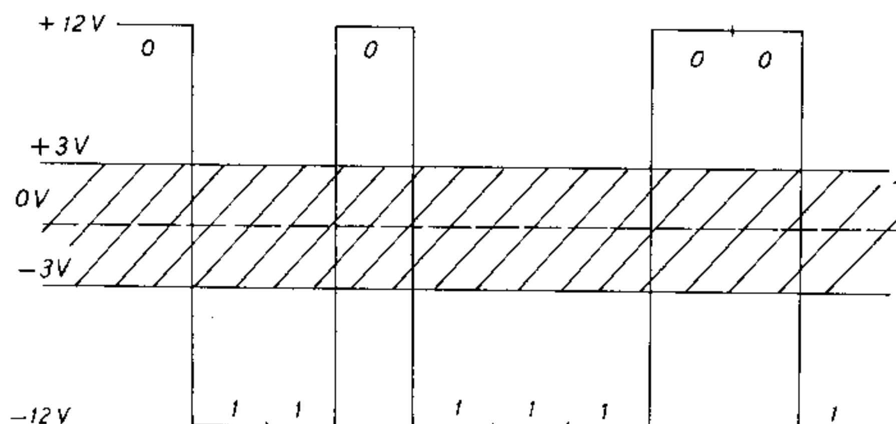
coi có lôgic 1 hoặc giá trị cao (H). Điện áp giữa ± 3 V không có ý nghĩa. Các giá trị lôgic này chỉ đúng với đường truyền bên ngoài rơle, còn bên trong phần mạch số, giá trị lôgic 0 vẫn tương ứng với điện áp xấp xỉ 0 và ngược lại.

Bảng 7-4. **Giắc cắm 25 chân ứng dụng với rơle bảo vệ so lệch LFCB-102**

Số thứ tự	Ký hiệu	Ý nghĩa	Vào/Ra	Cổng tuần tự ở mặt trước rơle LFCB-102
1	PGND	Dây đất bảo vệ	-	Không nối
2	TD	Dữ liệu được truyền	Ra	TD
3	RD	Dữ liệu được nhận	Vào	RD
4	RTS	Yêu cầu gửi tín hiệu	Ra	RTS
5	CTS	Xóa đi để gửi tín hiệu	Vào	CTS
6	DSR	Dữ liệu đã được đặt xong để gửi	Ra	DSR
7	SGND	Dây đất của tín hiệu	-	Không nối
8	CD	Phát hiện sóng mang	Vào	Không nối
9	-	Dự trữ	-	+12V
10	-	Dự trữ	-	-12V
11	-	Chưa gán	-	Không nối
12	RLSD	Phát hiện tín hiệu đường dây nhận		
13	SCTS	Tín hiệu xóa thứ hai để gửi dữ liệu	Vào	-
14	STD	Dữ liệu được truyền thứ hai	Ra	-
15	TT	Đặt thời gian cho đầu phát	Vào	-
16	SRD	Dữ liệu được nhận thứ hai	vào	-
17	RT	Đặt thời gian cho đầu thu	Ra	-
18	-	Chưa gán		-
19	SRTS	Yêu cầu gửi tín hiệu thứ hai	Ra	-
20	DTR	Dữ liệu thiết bị đầu cuối sẵn sàng	Vào	DTR
21	SQD	Phát hiện chất lượng tín hiệu	-	Không nối
22	RI	Cảnh báo bằng chuông	-	-
23	DRS	Chọn tốc độ dữ liệu	-	-
24	TT	Đặt thời gian cho đầu phát	-	-
25	-	Chưa gán	-	-

Với mức điện áp như vậy mỗi cổng *RS*-232 chỉ có thể nối với một thiết bị đầu cuối ở khoảng cách, cực đại là 15 m, không cần bộ phận khuếch đại như môđem.

Hiện nay để truyền tín hiệu đi xa hơn và nối với nhiều thiết bị đầu cuối hơn, người ta dùng chuẩn *RS*- 485 tương tự nhưng có công suất tín hiệu cao hơn. Để sử dụng chuẩn này người ta có các bộ chuyển đổi tín hiệu từ chuẩn *RS*- 232 thành tín hiệu theo chuẩn *RS*- 485.



Hình 7-12. Tín hiệu được truyền ở cổng tuần tự.

Khi đó tín hiệu có thể được truyền theo khoảng cách cực đại là 1200 m và phục vụ tới 32 thiết bị đầu cuối mà không cần dùng môđem.

7.7.3. Nguyên lý làm việc của giao diện vào/ra số liệu tuần tự

Tín hiệu tuần tự được trao đổi với rơle qua thông tin hữu tuyến hoặc cáp quang trong mọi trường hợp được đưa về dạng mã số tuần tự hoặc song song. Sau đây giới thiệu nguyên lý làm việc của kênh thông tin hữu tuyến.

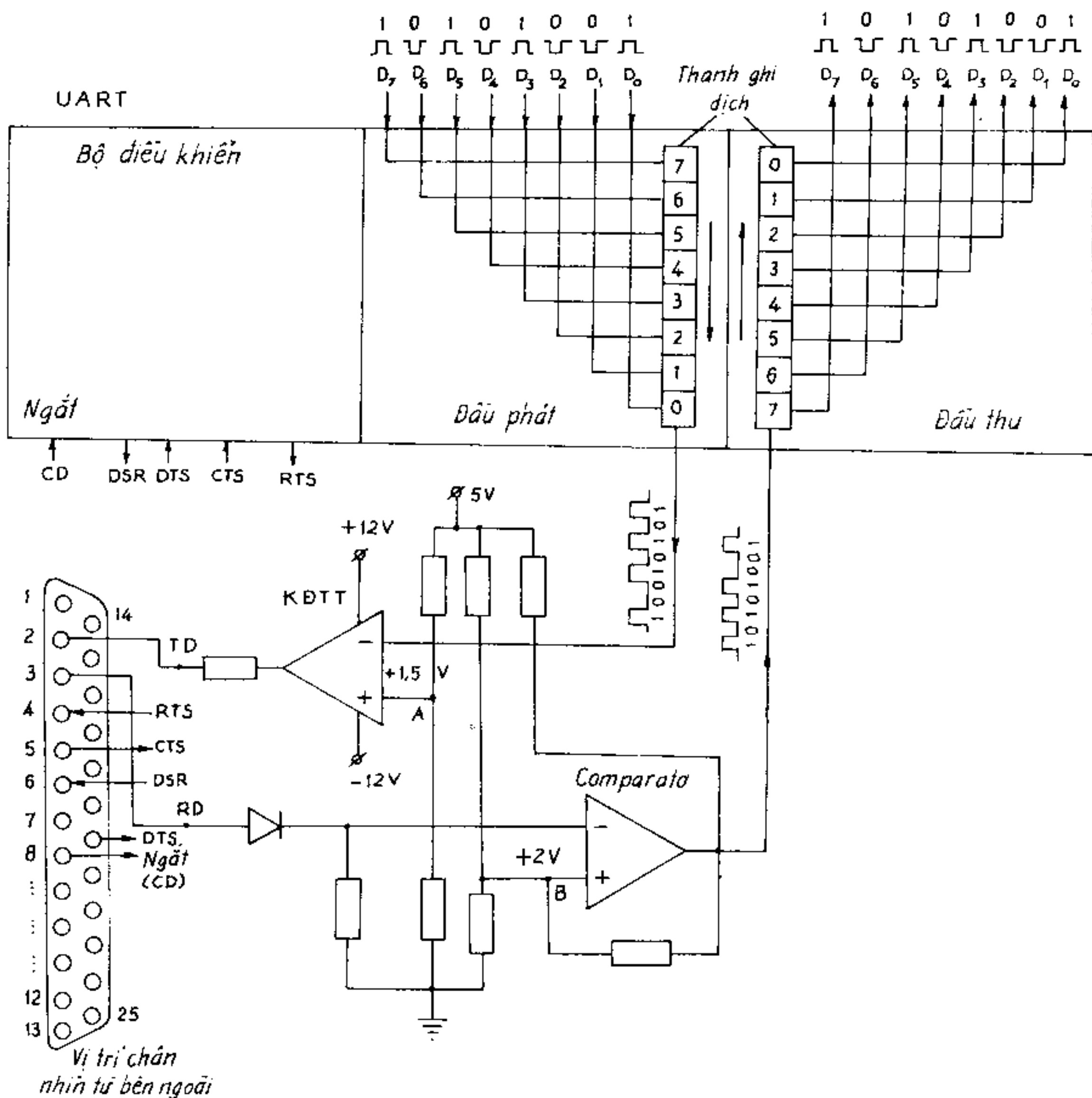
Bộ phận chính của thiết bị giao diện là mạch thu phát vạn năng không đồng bộ *(UART)*, thực chất là bộ ghi dịch được chế tạo thành vi mạch chuẩn. Một sơ đồ khác tương đương với *UART* có tên gọi là "Bộ phối hợp giao diện thông tin không đồng bộ" *(ACIA)* cũng được sử dụng rộng rãi.

Trên hình 7- 13 giới thiệu sơ đồ khối của một bộ *UART* (hoặc *ACIA*) làm việc kết hợp với mạch khuếch đại vào/ra tạo thành bộ phận chủ yếu của giao diện thông tin tuần tự. Vi mạch này gồm ba phần chính: đầu thu, đầu phát và mạch điều khiển.

Nhiệm vụ của nó là phối hợp hai thiết bị có xung đồng bộ khác nhau theo phương thức gọi là thông tin liên lạc không đồng bộ. Điều này có nghĩa là các bit thông tin được trao đổi qua lại không kèm theo tín hiệu đồng bộ thời gian để chỉ điểm đầu và điểm cuối của gói thông tin. Vì vậy người ta sử dụng ở đây các kiểu mã hóa khác nhau, thí dụ như với các bit "START", "STOP" trong mã điện tín (xem mục 10.2.3) bao quanh các bit dữ liệu để các thiết bị nhận biết khi nào tín hiệu bắt đầu và kết thúc. Trên đường truyền các bit dữ liệu có thể bị sai lệch vì vậy người ta sử dụng thêm bit "chẵn lẻ" (PARITY) trước bit "STOP".

Có hai kiểu bit "chẵn lẻ": chẵn và lẻ. Nếu bit theo kiểu lẻ thì tổng các số 1 trong các bit dữ liệu cộng với bit "chẵn- lẻ" phải là một số lẻ. Nếu bit theo kiểu chẵn thì tổng các số 1 cộng với bit "chẵn- lẻ" là một số chẵn. Bit "chẵn- lẻ" do đầu phát tính toán và ghi vào cuối dãy bit dữ liệu.

Đầu thu khi nhận dữ liệu sẽ kiểm tra bit "chẵn- lẻ" và khi phát hiện ra lỗi sẽ yêu cầu đầu phát của thiết bị ngoại vi phát lại (xem bảng 7- 4).



Hình 7-13. Nguyên lý làm việc của giao diện thông tin tuần tự

Trên hình 7- 13 còn giới thiệu giắc cắm *D* 25 chân. Ở đây chân 1 và 7 là chân nối đất. Chân 2 *(TD)* là đường truyền dữ liệu theo một chiều tới thiết bị bên ngoài. Các tín hiệu tuần tự (với bit nhỏ nhất phát trước, bit lớn nhất phát sau) được truyền từ đầu phát của bộ *UART* tới đầu vào đảo (-) của bộ khuếch đại thuật toán làm việc theo chế độ so sánh (comparatơ). Đầu vào không đảo (+) của bộ khuếch đại thuật toán *(KTT)* được giữ ở mức 1,5 V. Nếu tín hiệu tại (-) là 5 V và cao hơn điện áp 1,5 V tại (+), điện áp đầu ra của bộ *KTT* sẽ là - 12 V, tương ứng với giá trị lôgic 1. Nếu tín hiệu đầu vào tại (-) là 0 V và nhỏ hơn điện áp tại (+), đầu ra của bộ *KTT* sẽ là +12V, tương ứng với giá trị lôgic 0. Chân 3

(RD) là đường nhận dữ liệu của cổng tuần tự. Các thiết bị ngoại vi truyền tín hiệu tới rơle qua chân này và điôt tạo ngưỡng đến đầu vào đảo (-) của bộ comparratơ. Đầu vào không đảo (+) của nó được giữ ở điện áp 2 V. Nếu tín hiệu vượt quá +2,5 V, điôt sẽ thông mạch, bộ comparatơ dẫn điện theo chiều từ đầu ra tới đầu vào và điện áp đầu ra của nó tụt xuống 0, tương ứng với mức lôgic 0 của các mạch số. Khi tín hiệu đầu vào nhỏ hơn +2,5 V, bộ comparatơ sẽ không dẫn điện, khi đó điện áp ở đầu ra sẽ là 5 V tương ứng với lôgic 1. Khi tín hiệu đầu vào đổi trạng thái, áp đầu ra của bộ comparatơ cũng sẽ thay đổi và làm cho các bit của thanh ghi dịch ở đầu thu sẽ được đưa lần lượt tới các đầu ra từ *D*0 đến *D*7.

Chân 8 của giắc cắm *D* là chân phát hiện cờ tràn *(CD)*. Nó hoạt động giống như *RD*, chỉ khác là nó gửi tín hiệu ngắt tới mạch điều khiển để thông báo thiết bị ngoại vi đã sẵn sàng và có thể gửi dữ liệu. Đây đơn thuần chỉ là tín hiệu trạng thái.

Các chân nói trên được sử dụng trong các trao đổi thông tin một hoặc hai chiều theo kiểu đơn giản. Các thủ tục thông tin phức tạp như kiểu "bắt tay" (handshaking) đòi hỏi phải sử dụng thêm các chân khác. Thí dụ, chân 6 *(DSR)* thông báo rơle đã đặt xong dữ liệu để gửi. Khi đó qua chân 20 *(DTR)* thiết bị ngoại vi sẽ gửi tín hiệu ngược thông báo rằng nó sẵn sàng nhận thông tin từ phía rơle. Chân 5 *(CTS)* là nơi nhận tín hiệu truyền từ thiết bị bên ngoài như môđem gửi tới thông báo rằng môđem sẵn sàng hay không sẵn sàng gửi tín hiệu đi. Chân 4 *(RTS)* là nơi mà bộ *UART* gửi tín hiệu ra cho thiết bị bên ngoài như môđem yêu cầu môđem gửi tín hiệu đi xa. Các chân khác cũng được sử dụng tùy theo từng ứng dụng cụ thể.

7.8. CÁC BỘ PHẬN KHÁC CỦA RƠLE SỐ

7.8.1. Các bộ nhớ

Trong rơle số, các bộ nhớ thường chiếm một vùng nào đó trong miền địa chỉ mà bộ vi xử lý quản lý. Tùy theo từng loại rơle mà các bộ nhớ khác nhau được sử dụng và với các địa chỉ khác nhau (xem thêm mục 5.9).

Các chương trình cơ bản điều khiển sự làm việc của rơle thường được chứa trong *ROM* hoặc *EPROM*. *ROM* được sử dụng trong trường hợp rơle được sản xuất với số lượng lớn hoặc nhà chế tạo có công nghệ ghi thông tin vào *ROM* hoàn thiện. Nhiều nhà chế tạo rơle chọn sử dụng *EPROM* cho mục đích này khi sản xuất với số lượng ít, đơn chiếc vì tuy *EPROM* đắt hơn nhưng nó cho phép sửa chữa các chương trình đã ghi trong nó, tất nhiên, ở bên ngoài mạch của rơle.

Các thông số chỉnh định bảo vệ và thông tin về hệ thống điện được lưu trữ hoặc trong *DRAM* kiểu *CMOS* (dùng nguồn riêng), hoặc trong *EEPROM* hoặc ở cả hai. Các bộ *RAM* động hay còn gọi là *RAM* không bay hơi *(NVRAM)* có ưu điểm là tốc độ ghi thông tin nhanh song sẽ làm việc trục trặc nếu vì nguyên nhân nào đó pin nuôi chúng bị sự cố. Vì vậy, thường thì người ta ghi các thông tin này vào trong các bộ nhớ *EEPROM* (xem mục 5.9.3). Khi rơle bị mất nguồn cung cấp, thông tin ghi nhớ trong chúng vẫn không bị mất đi.

Các văn bản sự kiện và thông tin về sự cố được lưu trữ trong các *DRAM* vì tốc độ ghi nhớ nhanh của chúng. Tại đây cũng lưu trữ thông tin về các dao động điện, các nhiễu loạn, các lịch trình làm việc của rơle theo thời gian, các thông tin khác về nơi đặt bảo vệ v.v...

Các dữ liệu thông tin đo lường, các kết quả tính toán trung gian... được lưu trữ trong các bộ nhớ *RAM* (*SRAM* hay *DRAM*) dùng nguồn cung cấp của rơle. Tại đây cũng lưu trữ thông tin ngày tháng, thời gian thực. Các dữ liệu này sẽ bị xóa nếu rơle bị mất nguồn cung cấp. Người điều hành có thể truy xuất văn bản sự kiện từ xa, căn cứ vào ngày tháng ghi trên đó để biết được tình trạng làm việc của rơle.

7.8.2. Giao diện người sử dụng (panel mặt trước) của rơle

Tại đây thường đặt màn hình hiển thị thông tin, bàn phím, các đèn *LED* báo hiệu và một vài cổng thông tin tuần tự hay song song. Tất cả các bộ phận này được đặt trên cùng một tấm đế và được nối với các bộ phận bên trong rơle qua các dây dẫn mềm kiểu dải băng cho phép tấm đế có thể quay dễ dàng.

Màn hình được sử dụng thường là loại màn hình tinh thể lỏng *(LCD)* có một hay hai hàng chữ. Màn hình kiểu điôt phát quang ít được sử dụng hơn. Chế độ làm việc là kiểu văn bản cho phép hiển thị chữ số và chữ cái. Tuy nhiên, trong một số thiết bị công nghệ mới nhất đã sử dụng màn hình rộng hơn, với chế độ đồ họa có khả năng hiển thị thông tin tại chỗ mạnh hơn (rơle quá dòng 7*SJ*531 của Siemens). Phía sau màn hình thường có vi mạch có chức năng giải mã thông tin từ bộ vi xử lý thành mã màn hình và bộ *ROM* ký tự màn hình (xem mục 5.11). Thông tin được truyền thường ở dạng song song.

Màn hình thường làm việc kết hợp với bộ bàn phím. Trong rơle số, số lượng phím không nhiều nên thường không có sử dụng loại bàn phím mã hoá theo mã ASCII (xem mục 5.10). Tuỳ theo từng loại rele, thường có các phím sau được sử dụng:

- Các phím hiển thị thông tin đo lường như dòng, áp, cosφ, tần số v.v...
- Các phím hiển thị thông tin trạng thái (Status hay Target)
- Các phím đặt tham số chỉnh định cho rơle như các phím chỉ hướng truy nhập thông tin hay chiều lên xuống của giá trị (→ hay ←), phím "khẳng định" (Enter), phím "xóa" (Clear), phím nạp mật khẩu (Code hay Password), các phím chữ số v.v...
- Các phím giải trừ đèn *LED* hay rơle (Reset) v.v...
- Phím ghi thông tin các sự cố gần nhất (Fault).

Chức năng của các đèn *LED* và cổng trao đổi thông tin tuần tự đã được giới thiệu ở trên. Đôi khi ở mặt trước rơle có lắp đặt cổng song song (thí dụ như rơle *LFCB*-102 của hãng *GEC ALSTHOM*) để đưa dữ liệu bên trong bộ nhớ của rơle ra máy in hoặc để kiểm tra chế độ làm việc của rơle bằng thiết bị bên ngoài. Do loại cổng song song ít được sử dụng nên trong chương này ta không xem xét sâu hơn.

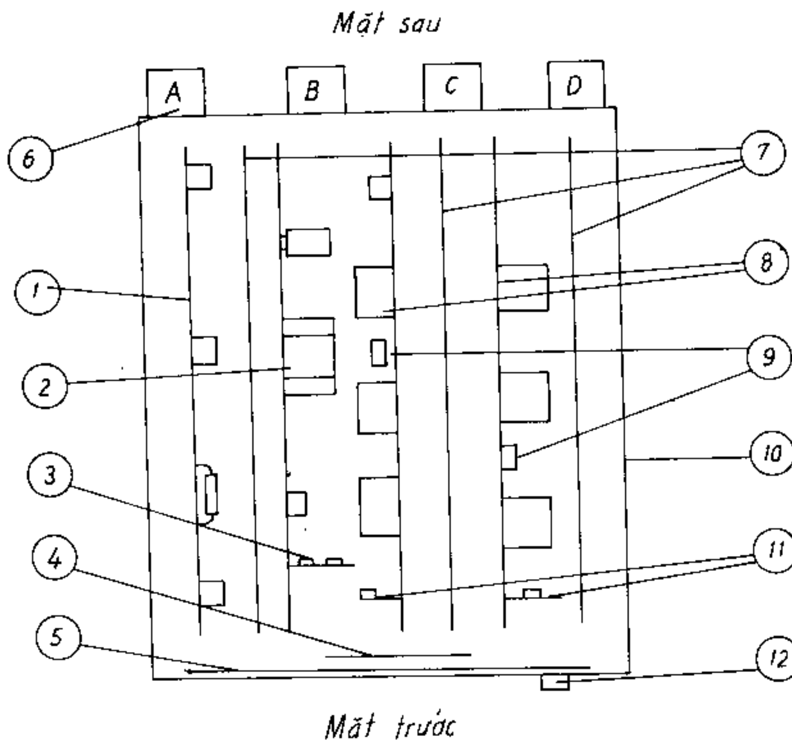
7.8.3. Kết cấu lắp ráp rơle

Trong rơle, các chức năng chính được chế tạo trên các bản mạch riêng biệt tạo thành các môđun. Tùy theo từng loại rơle có thể có các môđun sau đây:

- Môđun nguồn;
- Môđun tín hiệu vào;
- Môđun bộ vi xử lý;
- Môđun thông tin;
- Giao diện người sử dụng.

Môđun nguồn thường được chế tạo độc lập và được che chắn nhiễu cẩn thận vì đây là nguồn phát sinh nhiễu mạnh. Đôi khi môđun vào và ra tín hiệu được chế tạo chung trên một bản mạch. Tương tự như vậy, đôi khi môđun thông tin trong các rơle mới hiện nay chỉ là bản mạch nhỏ gắn trên môđun khác.

Các bản mạch được bắt vít vào khung kim loại và được nối với nhau qua dây dẫn mềm và các giắc cắm nhiều chân cho phép có thể tách các môđun dễ dàng khi sửa chữa. Có thể có một vài màn chắn nhiễu bằng nhôm hay phíp phủ đồng được sử dụng, đặc biệt đối với môđun chứa bộ vi xử lý. Các phần tiếp đất được gá lắp chắc chắn với khung kim loại của rơle qua dây nối và vít bắt. Trên hình 7-14 giới thiệu sơ đồ bố trí các bản mạch trong rơle khoảng cách 7SA511 của Siemens nhìn từ trên xuống. Hộp đặt rơle thường làm bằng thép, có thể được làm theo kiểu kín hay có thông gió. Vỏ thép cho phép tạo thành lồng Faraday để bảo vệ các mạch tốc độ cao bên trong rơle khỏi tác động nhiễu của môi trường xung quanh. Tùy theo cách lắp rơle vào tủ bảo vệ, vỏ được chế tạo theo hai kiểu. Kiểu nổi (surface hoặc rack) và kiểu chìm (flush hoặc panel). Với kiểu lắp nổi, rơle được gắn với mặt phẳng của tủ bằng cơ cấu gá ở phía sau rơle. Khi đó các đầu vào ra được đặt ở phía trên hoặc dưới rơle. Còn các rơle lắp chìm có các đầu vào và ra đặt ở phía mặt sau. Khi đó rơle được bắt vít vào các giá đỡ đặt phía dưới và phía trước sao cho mặt trước của tất cả các rơle



Hình 7-14. Các bộ phận chính của rơle khoảng cách 7SA511

1. Bản mạch bộ vi xử lý; 2. Bản mạch bộ nguồn DC/DC; 3. Bản mạch giao diện thông tin tuần tự; 4. Bản mạch màn hình; 5. Phím kiểu màng; 6. Hộp tiếp điểm vào-ra; 7. Màn kim loại chắn nhiễu; 8. Hai bản mạch vào-ra tín hiệu; 9. Các rơle thao tác đầu ra số; 10. Vỏ rơle; 11. Các bản mạch tín hiệu vào số; 12. Giắc cắm D25 chân cổng thông tin tuần tự.

trong tủ bảo vệ cùng nằm trên một mặt phẳng.

Trên hình P6-12 giới thiệu hình dáng bên ngoài của rơle khoảng cách *SEL*-321 được chế tạo theo kiểu lắp chìm. Các rơle của các hãng khác (Siemens, Merlin Gerin) có hình dạng bên ngoài với tỉ lệ hình học khác do đó sử dụng các tủ bảo vệ cấu tạo cũng khác. Các kích thước hình học ba chiều được chọn sao cho các vỏ hộp có chung kích thước theo hai chiều, còn chiều thứ ba là số nguyên lần chiều tương ứng của vỏ hộp cỡ nhỏ nhất. Điều này cho phép luôn luôn có thể xếp các rơle các cỡ khác nhau thành một khối hộp khi đặt trong tủ bảo vệ.

7.9. CẤU TRÚC PHẦN MỀM CỦA RƠLE SỐ

7.9.1 Khái niệm chung

Các chương trình phần mềm là điểm khác biệt lớn nhất trong cấu tạo của rơle số so với các loại rơle tĩnh và rơle điện cơ. Thực chất chúng là các bit thông tin được sắp xếp theo các trình tự qui định gọi là lệnh và được chứa trong các bộ nhớ khác nhau. Khi rơle được cung cấp nguồn, bộ vi xử lý và các linh kiện phần cứng khác sẽ hoạt động tuân theo sự hướng dẫn của các tập lệnh này theo một chương trình xác định trước, nhờ đó rơle có thể hoạt động độc lập như một phần tử tự động.

Các chương trình phần mềm của rơle số có thể phân loại thành hai nhóm lớn: phần mềm hệ thống và phần mềm ứng dụng. Phần mềm hệ thống bao gồm các chức năng tự kiểm tra và báo lỗi, vào/ra thông tin và chức năng xử lý đa nhiệm. Nó chi phối sự hoạt động qua lại giữa các bộ phận phần cứng, tạo môi trường phần mềm cho các ứng dụng khác nhau có thể phát triển và hoạt động có hiệu quả. Tóm lại đây là phần mềm cơ sở mà bất cứ thiết bị kỹ thuật số dùng vi xử lý nào cũng phải được trang bị để có thể hoạt động được.

Các chương trình phần mềm ứng dụng được sử dụng phụ thuộc vào các chức năng bảo vệ được cài đặt trong rơle. Để rơle làm việc có hiệu quả, các chương trình qui định chi tiết thao tác của các linh kiện phần cứng trong mỗi một chế độ làm việc khác nhau như xử lý số liệu tương tự, số liệu số, tương tác với người sử dụng, vào ra thông tin, ra quyết định thao tác, đồng bộ thời gian, thông tin liên lạc tuần tự v.v...

Bộ vi xử lý thực hiện các chương trình ứng dụng theo hai cách chính. Cách thứ nhất là chạy các chương trình ứng dụng lần lượt theo trình tự thời gian (polling). Cách thứ hai cho phép khởi động chương trình ứng dụng nào đó khi bộ vi xử lý nhận được thông tin từ bên ngoài. Khi đó nó dừng các hoạt động khác của rơle để thực hiện chương trình ứng dụng phù hợp với thông tin bên ngoài đó, sau đó lại quay lại thực hiện các thao tác còn dang dở. Phương pháp này được gọi là phương pháp ngắt (interrupt).

7.9.2. Chương trình hệ thống

7.9.2.1. Chương trình tự kiểm tra khi đóng nguồn

Các rơle số hiện nay cho phép kiểm tra khả năng làm việc của các phần tử chính của phần cứng ngay sau khi rơle được cung cấp nguồn và hiển thị kết quả kiểm tra lên màn hình. Các phần tử này có thể là: bộ vi xử lý, các bộ nhớ, bộ nguồn cung cấp với các điện áp chuẩn, bộ đồng hồ thời gian, các đèn báo, các bộ kiểm tra ngắt và vào ra thông tin, bộ

chuyển đổi tương tự số v.v... Kết quả kiểm tra có thể là "tốt", "báo động" và "hư hỏng". Tín hiệu "báo động" thường chỉ dùng cho bộ nguồn *DC/DC*, khi các điện áp nuôi các vi mạch vượt qua giá trị cảnh báo nào đó. Khi có kết quả "hư hỏng", rơle sẽ chạy lại chương trình kiểm tra một vài lần và phụ thuộc vào dạng sự cố các chương trình phần mềm sẽ cố gắng phục hồi rơle ra khỏi trạng thái sự cố (giải trừ lại). Nếu phục hồi không thành công chúng sẽ khóa các chức năng của rơle và đưa ra tín hiệu thông báo lên màn hình.

Trong một số loại rơle, các bộ nhớ như *EPROM* và *RAM* được kiểm tra không chỉ vào lúc bật nguồn mà còn theo định kỳ bởi chương trình phần mềm. Các ô nhớ bị hư hỏng phát hiện được sẽ bị cô lập tự động để tránh lỗi cho các lần ghi thông tin tiếp theo.

7.9.2.2. Chương trình hệ thống vào/ra cơ sở (BIOS)

Chương trình này cung cấp một giao diện nhằm tương thích hoàn toàn các chương trình ứng dụng với cơ sở phần cứng của rơle. Đó là tập hợp các chu trình điều khiển các linh kiện phần cứng cho phép người lập trình ứng dụng giám sát và truyền các dữ liệu qua lại các bộ phận vào/ra một cách dễ dàng. Với các chương trình *BIOS*, người lập trình ứng dụng không cần phải hiểu tỉ mỉ các bộ phận vào/ra dữ liệu trong rơle làm việc như thế nào mà chỉ cần biết chúng có thể làm được gì. Khi phần cứng của rơle được nâng cấp, chỉ cần thay đổi các chương trình *BIOS* kèm theo mà không cần đụng chạm đến các chương trình ứng dụng. Điều này cho phép các phần mềm ứng dụng có thể tồn tại lâu dài không phụ thuộc vào sự phát triển của phần cứng.

Các chương trình điều khiển vào/ra cơ sở này cho phép điều khiển các bộ phận sau đây: các đầu vào trạng thái số, các đầu ra thao tác số, các cổng song song và tuần tự, màn hình hiển thị, bàn phím, các đèn *LED*, các đầu vào tương tự v.v...

7.9.2.3. Chương trình thực thi đa nhiệm

Đây là chương trình cho phép bộ vi xử lý có thể thực hiện đồng thời vài chức năng ứng dụng theo thời gian thực. Nó hoạt động bằng cách cho phép người lập trình ứng dụng phân chia chương trình ứng dụng thành các nhiệm vụ nhỏ riêng biệt. Mỗi một nhiệm vụ được gán một thứ tự ưu tiên. Chương trình thực thi đa nhiệm chỉ cho phép thực hiện một nhiệm vụ trong một thời điểm. Các nhiệm vụ khác đã được kích hoạt khi đó được nhớ trong các bộ nhớ theo trật tự hàng nếu không thể thực thi chúng ngay lập tức. Các nhiệm vụ có thứ tự ưu tiên cao hơn sẽ được thực hiện trước các nhiệm vụ có thứ tự ưu tiên thấp hơn. Tuy nhiên diễn biến thực hiện các chương trình ứng dụng theo thời gian thực vẫn được tuân thủ chặt chẽ. Việc phân chia các chương trình ứng dụng như vậy cho phép biến hóa các chức năng bảo vệ sẵn có trong rơle trong các chế độ làm việc khác nhau.

7.9.2.4. Các chương trình phục vụ cho lập trình ứng dụng

Đây là các chương trình phần mềm được sử dụng trong giai đoạn phát triển các phần mềm ứng dụng dùng trong rơle. Đó có thể là các chương trình gỡ rối (debugging) sử dụng khi tắt nguồn hoặc đang chạy chương trình ứng dụng để kiểm tra và thay đổi nội dung các bộ nhớ và các cổng vào ra, các thanh ghi cũng như các bước thực hiện chương trình.

7.9.3. Các chương trình ứng dụng

Các chương trình này điều khiển sự làm việc của bộ vi xử lý đối với các môdun vào/ra

tín hiệu số và tương tự, môđun thông tin và giao diện người sử dụng. Trong các rơle sử dụng nhiều bộ vi xử lý, nó còn cho phép bộ vi xử lý chính điều khiển sự hoạt động của bộ vi xử lý phụ.

7.9.3.1. Khởi động

Phần mềm ứng dụng của bộ vi xử lý trong chế độ khởi động sẽ thực hiện các thao tác sau đây:

- Đọc các thông tin trạng thái trong các *EEPROM* hoặc *NVRAM*. Nếu các cảnh báo chưa được giải trừ trong lần làm việc trước thì chúng được phục hồi và được hiển thị ở mặt trước rơle.

- Tất cả các giá trị đặt của bảo vệ được nhớ trong *EEPROM* được rà soát lại xem có ở trong miền làm việc cho phép không. Nếu giá trị đặt ở ngoài miền làm việc, tín hiệu cảnh báo sẽ được phát ra. Các giá trị hợp lý sẽ được tải từ *EEPROM* vào trong miền làm việc của bộ nhớ *RAM* của rơle.

- Bộ vi xử lý khởi động các đồng hồ thời gian, các bộ điều khiển ngắt và vào ra cùng với các biến dữ liệu.

7.9.3.2. Xử lý dữ liệu tương tự

Các tín hiệu tương tự đầu vào như dòng và áp được lấy mẫu với tốc độ *N* mẫu trong một chu kỳ tần số công nghiệp và được chuyển đổi thành giá trị số. Kết quả thu được được lưu trữ trong các bộ đệm. Bộ vi xử lý tiến hành các phần mềm lọc các giá trị số theo các thuật toán lọc như bộ lọc Fourrier rời rạc hoặc lấy đạo hàm (xem mục 7.4.3 và mục 7.4.4) để xác định các tín hiệu thông tin có ích. Trong một số rơle có tốc độ thu thập thông tin cao, người ta sử dụng riêng một bộ vi xử lý để thực hiện các thao tác này kèm theo chương trình phần mềm phục vụ nó.

Ngoài các phương pháp quét và ngắt như đã trình bày ở mục 7.9.1, nhiều khi thông tin tương tự cũng có thể được truy nhập trực tiếp vào các bộ nhớ RAM không qua bộ vi xử lý bằng phương pháp thâm nhập bộ nhớ trực tiếp (DMA) để chờ cho đến khi được xử lý trong các công đoạn tiếp theo. Phương pháp này cho phép tăng tốc độ thu thập dữ liệu và giảm tải cho bộ vi xử lý.

7.9.3.3. Xử lý các tín hiệu số

Các tín hiệu số ở đầu vào trạng thái (điện hoặc quang/điện) được kiểm tra liên tục theo chu kỳ dài ngắn khác nhau tùy theo tính cấp thiết của từng loại thông tin. Thí dụ các tín hiệu cắt liên động cần phải được cập nhật trong vòng một vài chu kỳ lấy mẫu, các tín hiệu khác như giải trừ hoặc đồng bộ thời gian có thể đợi lâu hơn.

Bộ vi xử lý thường xuyên kiểm tra sự đồng bộ của các bộ phận trong rơle và giữa rơle với các thiết bị ngoại vi. Các tín hiệu lỗi đường truyền cũng được cập nhật để ra tín hiệu thông báo khi cần thiết.

Các tín hiệu điều khiển các rơle đầu ra được bộ vi xử lý liên tục quét tới trong vòng một, hai chu kỳ lấy mẫu. Khi xảy ra sự cố, tín hiệu điều khiển của bộ vi xử lý thay đổi, trong thời gian rất ngắn các rơle đầu ra sẽ khởi động để đi báo tín hiêu hoặc đi cắt đường dây.

7.9.3.4. Giao diện người sử dụng

Phần mềm giao diện người sử dụng đọc các mã xuất hiện từ bàn phím và thông báo kết quả lên màn hình (điôt phát quang hoặc tinh thể lỏng). Người sử dụng giao tiếp với rơle qua menu hình cây hoặc theo nguyên tắc địa chỉ. Khi đó các chức năng của rơle được truy nhập lần lượt từ ngoài vào trong theo trật tự hình cây hoặc trực tiếp theo địa chỉ của chức năng. Căn cứ vào mã bàn phím được ấn, phần mềm giao diện sẽ lựa chọn lệnh tương ứng và điều khiển sự truy nhập menu. Màn hình có thể được cập nhật mỗi khi có phím ấn hoặc theo chu kỳ một vài giây như trong chế độ đo lường.

7.9.3.5. Thông tin liên lạc

Việc trao đổi tín hiệu với các thiết bị ngoại vi qua các cổng tuần tự hoặc song song được thực hiện thông qua các giao thức (protocol). Trong các rơle có yêu cầu nghiêm ngặt về chất lượng thông tin như rơle bảo vệ so lệch đường dây, đôi khi người ta sử dụng riêng một bộ vi xử lý cho chức năng thông tin liên lạc và kèm theo đó là phần mềm phục vụ bộ vi xử lý này.

Độ phức tạp của phần mềm thông tin liên lạc phụ thuộc vào cổng thông tin được chọn (song song hay tuần tự), mã thông tin, giao thức thông tin và các chức năng phụ trợ kèm theo. Nó bao gồm các thao tác lập và truyền gói thông tin, nhận, khẳng định và tách các thông tin có ích.

Các thao tác này được kiểm soát chặt chẽ theo tọa độ thời gian sử dụng đồng hồ riêng của rơle hay tín hiệu đồng bộ từ bên ngoài gửi tới.

7.9.3.6. Các chức năng bảo vệ

Các chức năng bảo vệ của rơle được xây dựng thành các chương trình con với các biến đầu vào là các giá trị đặt của bảo vệ, các kết quả đo lường hoặc trạng thái lôgic của các tham số trung gian là hàm của các biến đo lường đầu vào và cuối cùng, là các trạng thái lôgic đầu ra của các chức năng bảo vệ khác. Khi chức năng bảo vệ được kích hoạt, các biến đầu vào của nó cũng được kích hoạt theo và được nạp vào các địa chỉ cố định trong bộ nhớ *RAM*. Phần mềm chức năng bảo vệ thực chất là thuật toán làm việc theo qui trình cho trước. Trên hình 7-15 giới thiệu sơ đồ khối của một chương trình phần mềm như vậy. Đó là chương trình của chức năng khoảng cách của bảo vệ 7*SA*511 (Siemens).

Ở đây:

Direc.1 - phần tử định hướng được đặt cho vùng 1 khoảng cách;

$R < R_1$; $X < X_1$ - sự cố tại vùng 1 (thí dụ);

T_1 - thời gian đặt cho vùng khoảng cách;

BI - tín hiệu điều khiển ở đầu vào số;

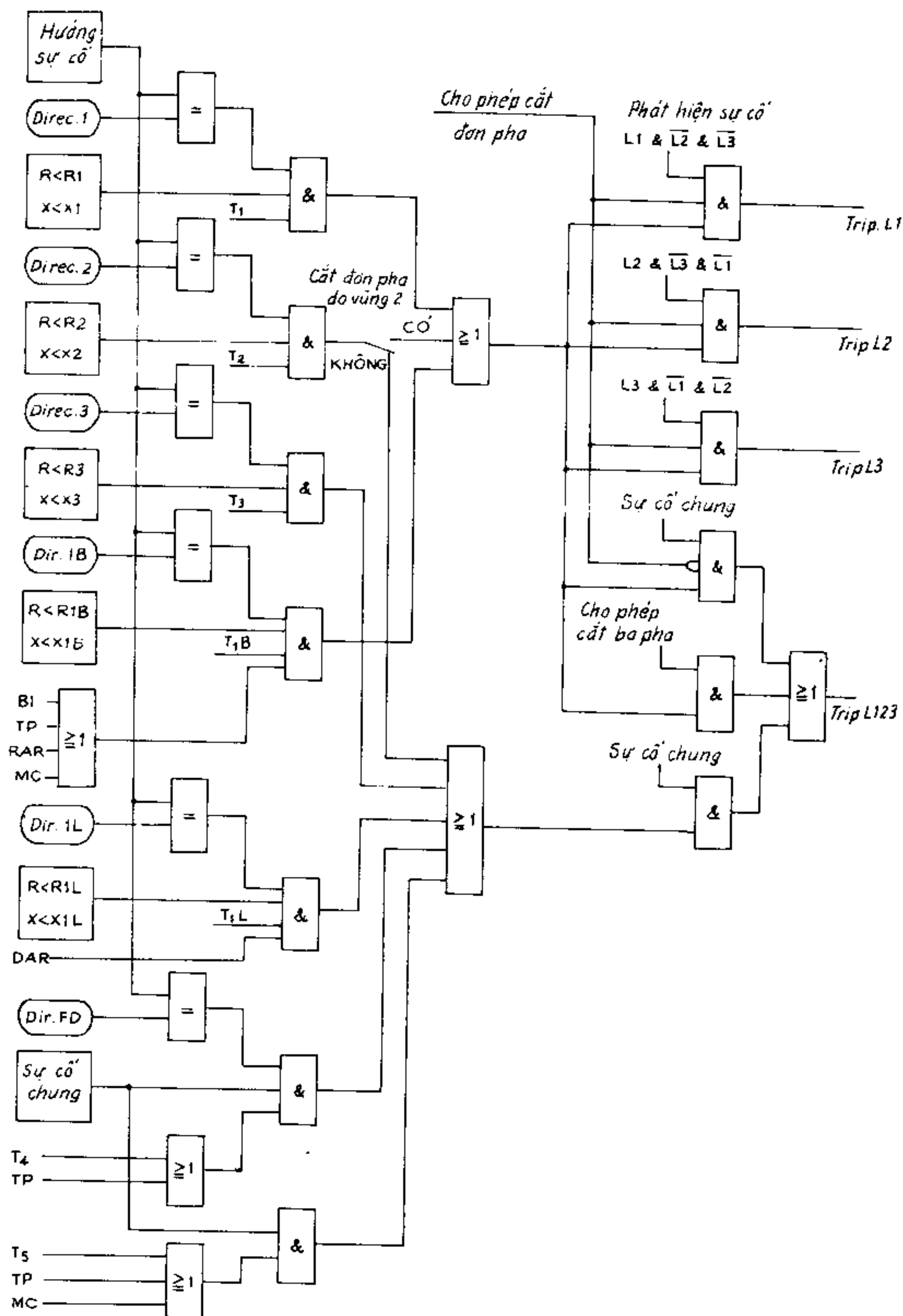
TP - tín hiệu điều khiển từ lôgic cắt liên động;

DAR, *RAR* - tín hiệu điều khiển từ lôgic tự đóng lại;

MC - lệnh cắt bằng tay;

Trip *L*1, trip *L*2, trip *L*3 - lệnh cắt đơn pha;

Trip *L* 1 2 3 - lệnh cắt đồng thời ba pha.



Hình 7-15. Sơ đồ khối của lôgic cắt ở chức năng khoảng cách trong bảo vệ khoảng cách 7SA511 (Siemens)

Một chương trình như vậy sẽ bao gồm các lệnh vào, ra số liệu, các phép tính số học, lôgic và trễ thời gian. Do tốc độ của bộ vi xử lý rất lớn nên thời gian chạy các phần mềm bảo vệ rất nhanh, thường dưới một vài ms.

Các giá trị biến đầu vào, biến trung gian và kết quả lôgic đầu ra của các chức năng bảo vệ sẽ được lưu trữ trong các bộ nhớ và có thể được hiển thị trên màn hình hay truyền đi xa tới các trung tâm điều độ để người sử dụng đánh giá phân tích sự cố và tình hình làm việc của rơle.

7.9.3.7. Đo lường và bản ghi sự kiện

Đo lường là một trong những nhiệm vụ của bộ phận xử lý thông tin tương tự. Bộ phận này cập nhật thông tin về hệ thống điện theo chu kỳ lấy mẫu $f_s = 50.N$ trước hết nhằm mục đích phát hiện sự cố. Kết quả đo lường và tính toán nhận được được lưu trữ ở bộ nhớ *RAM*. Theo một chu kỳ chậm hơn (thường khoảng 1 giây) một vài trong các thông số này được tải vào bộ nhớ của màn hình. Khi kích hoạt chức năng đo lường của rơle, phần mềm điều khiển sẽ hiển thị nội dung của bộ nhớ màn hình theo địa chỉ được chọn. Đó có thể là giá trị dòng, áp, dòng tổng ba pha, góc lệch pha, công suất v.v... theo giá trị tức thời hay hiệu dụng. Các thông số này sẽ liên tục được đổi mới bằng cách xóa các giá trị cũ và nạp thêm giá trị mới nhất vào.

Bản ghi sự kiện được lưu giữ tại các *DRAM* có nguồn nuôi riêng cho phép giữ thông tin ngay cả khi rơle bị mất nguồn cung cấp. Bản ghi có hai loại: loại thứ nhất liệt kê vắn tắt các sự kiện do rơle ghi được theo trình tự thời gian, theo nguyên tắc lần lượt (FIFO). Tùy theo từng loại rơle, số lượng sự kiện nhớ được có thể lên tới 40 hoặc hơn. Các sự kiện xảy ra lâu sẽ bị xóa khi sự kiện mới được ghi vào, sao cho số lượng sự kiện nhớ được là không đổi. Các thông tin ở đây có thể là dạng sự cố, thời gian, địa điểm và tín hiệu được ghi nhận khi sự kiện xuất hiện (coming) hay biến mất (going).

Loại bản ghi sự kiện thứ hai cho phép ghi lại thông tin tỉ mỉ hơn về sự kiện vừa diễn ra. Điều kiện thực hiện bản ghi này là rơle thực hiện thao tác cắt hoặc đóng máy cắt. Trong một vài loại rơle, thí dụ như *SEL*-321, điều kiện thực hiện bản ghi có thể do người sử dụng đặt ra. Khi điều kiện này được thực hiện, phần mềm điều khiển sẽ tải toàn bộ thông tin chi tiết về hệ thống điện như dòng, áp, dòng tổng ba pha từ kênh số liệu vào khu vực nhớ bền vững hơn trong các *RAM* không bay hơi (*NVRAM*). Tại đây cũng có thể lưu giữ các thông tin số như sự kích hoạt của các phần tử lôgic trong bảo vệ. Độ phân giải của thông tin được xác định bằng tần số lấy mẫu trong một chu kỳ tần số công nghiệp, tùy theo loại rơle có thể dao động với $N = 8$, $N = 16$ hay $N = 20$. Vì vậy bộ nhớ dành cho các bản ghi như vậy có thể lên tới 300, 400 Kbyte. Khác với loại bản ghi thứ nhất có thể trực tiếp quan sát trên màn hình của rơle, loại bản ghi thứ hai cần phải có chương trình phần mềm phụ trợ bên ngoài sử dụng màn hình máy vi tính để vẽ đồ thị và hiển thị thông tin. Thí dụ, rơle khoảng cách *SEL*-321 sử dụng phần mềm *SELPLOT*, còn rơle quá dòng 7*SJ*512 hay khoảng cách 7*SA*511 của Siemens sử dụng chương trình *DIGSI*. Việc giao tiếp với máy tính được thông qua cổng tuần tự đặt ở phía trước rơle.

7.10. PHÁT HIỆN HƯ HỎNG TRONG RƠLE SỐ

Rơle bị trục trặc trong khi vận hành trong thời hạn bảo hành sẽ được bên bán chịu

trách nhiệm sửa chữa. Tuy nhiên, khi thời hạn này kết thúc, tuổi thọ làm việc của rơle hoàn toàn phụ thuộc vào khả năng tài chính và trình độ sửa chữa của người sử dụng. Việc phục hồi rơle tại chỗ cho phép giảm chi phí vận hành và càng có ý nghĩa khi bên bán không còn phụ tùng thay thế cho các rơle sử dụng đã lâu không còn được sản xuất nữa.

Sau đây sẽ giới thiệu các nguyên tắc cơ bản nhất để phát hiện các hư hỏng bên trong rơle để từ đó người sử dụng có thể đề ra phương án sửa chữa với chi phí tối thiểu.

7.10.1. Các dạng hư hỏng trong rơle số

Các dạng sự cố có thể chia làm hai loại chính: sự cố phần mềm và sự cố phần cứng. Sự cố phần mềm thường là do hư hỏng các mạch nhớ các chương trình điều khiển cơ sở. Loại sự cố này chỉ có thể do người sản xuất phục hồi vì bộ nhớ bị hỏng còn kèm theo việc mất thông tin trong chúng.

Trong rơle số, thường gặp hơn cả là sự cố phần cứng. Nguyên nhân trực tiếp thường là hư hỏng các linh kiện điện tử như vi mạch, cuộn dây, tụ, điện trở, điôt, tranzito, giắc cắm, công tắc, dây dẫn, đường đồng, bản mạch, dẫn tiếp đất v.v... Các vi mạch bị hỏng khi các mạch bên trong bị cháy do chạm, chập; các lớp cách điện của nó bị đánh thủng do bị đặt áp ngược hoặc áp tĩnh điện trị số cao. Tranzito bị sự cố khi lớp bán dẫn của chúng bị đứt gẫy hoặc cháy thông hay thay đổi thành phần hoá học. Các điện trở sẽ không làm việc khi bộ phận trở của chúng bị gẫy, cháy hay đứt ở các đầu nối. Tụ điện cũng bị hỏng khi lớp cách điện giữa chúng bị cháy, chạm bản cực hay mất khả năng cách điện. Các cuộn biến dòng, biến áp tín hiệu có thể bị đứt dây hay hư hỏng lớp cách điện. Cầu chì bị đứt, giắc cắm bị hoen gỉ, côngtắc bị kẹt, các đường đồng bị đứt, phồng rộp hay chạm chập với nhau. Đó là những kiểu hư hỏng thường thấy trong các rơle số, hay bất kỳ một thiết bị số nào khác.

7.10.2. Các triệu chứng và biện pháp khoanh vùng sự cố

7.10.2.1. Các lỗi màn hình

Khi trên màn hình xuất hiện các ký tự loằng ngoằng, các nét đứt quãng hoặc hoàn toàn trắng hay không hiển thị các ký tự hoặc chức năng tương ứng với phím được ấn, sự cố có thể đã xảy ra với phần mạch số bao gồm bộ vi xử lý, *ROM*, *RAM*, bộ điều khiển vào-ra và bàn phím. Biết rằng, những gì hiển thị lên màn hình chính là nội dung của *RAM* màn hình (hay video *RAM*), điều này có nghĩa là bộ vi xử lý đã nạp vào đó những tín hiệu vô nghĩa, không tuân theo sự điều khiển của phần mềm hệ thống đặt tại *ROM BIOS*. Như vậy sự cố có thể xảy ra tại bất kỳ một điểm nào đó từ bàn phím qua mạch tạo mã bàn phím tới bộ vi xử lý và cuối cùng, đến các mạch điều khiển việc hiển thị thông tin. Đôi khi nguyên nhân chỉ là do bị ẩm, các tín hiệu bị rò không đến được nơi tập kết. Khi đó chỉ cần sấy lại rơle cũng có thể giải quyết được vấn đề. Trong trường hợp ngược lại, cần phải dùng các thiết bị kiểm tra để khoanh vùng sự cố theo hướng đã nói ở trên.

7.10.2.2. Các triệu chứng do nguồn

Khi bộ phận tạo nguồn bị hư hỏng, triệu chứng thường thấy nhất là rơle sẽ hoàn toàn câm lặng, các đèn tín hiệu sẽ không sáng khi bật tắt công tắc nguồn. Nguyên nhân có thể là do cầu chì bị đứt, các bộ phận công suất trong mạch nguồn như điện trở công suất, tranzito, vi mạch ổn áp, vi mạch khuếch đại bị cháy hay đơn giản là do công tắc bị hỏng

hoặc tiếp điểm nối nguồn cung cấp bị lỏng.

Nói chung, các trục trặc trong rơle số đều có thể liên quan đến các nguồn điện áp nuôi rơle, khi một linh kiện nào đó hư hỏng dẫn đến nguồn áp cung cấp bị lệch ra ngoài giá trị ngưỡng. Vì vậy, một trong những thao tác đầu tiên nên làm là kiểm tra các giá trị điện áp này (+ 5 V, ± 12 V, ± 15 V, 24 V một chiều) trong chế độ tự kiểm tra của rơle (self-test). Đôi khi do lọc nhiễu không tốt, trong kênh nguồn xuất hiện các sóng hài làm cho các bộ chuyển đổi tương tự số làm việc không ổn định. Khi đó các giá trị tương tự ở dạng số vẫn xuất hiện ngay cả khi đầu vào không có tín hiệu.

7.10.2.3. Các triệu chứng khác

Bàn phím có thể ngừng làm việc bằng cách không phản ứng khi bị ấn. Một dạng sự cố khác là khi ấn một phím, ký tự hoặc chức năng tương ứng không xuất hiện trên màn hình. Một vài phím có thể không làm việc trong khi các phím khác vẫn hoạt động tốt. Hoặc bàn phím làm việc trong chế độ này nhưng không làm việc trong chế độ khác.

Các bộ phận khác của rơle cũng có thể bị trục trặc như các đầu vào và ra số, các đầu vào tương tự, cổng truyền tin tuần tự và song song. Tuy nhiên triệu chứng bên ngoài của các sự cố này thường thể hiện trong các chế độ làm việc khác nhau khi các bộ phận liên quan được sử dụng đến. Thí dụ, khi đầu vào bị trục trặc, rơle sẽ không cắt khi nhận được tín hiệu cho phép cắt liên động từ phía xa gửi đến mặc dù nó đã phát hiện ra sự cố. Trong các trường hợp như vậy, việc nắm vững nguyên lý làm việc của rơle và cấu tạo bên trong của nó giúp cho việc xác định hư hỏng nhanh chóng hơn rất nhiều. Đôi khi các triệu chứng hư hỏng thể hiện không rõ ràng (thí dụ chỉ có một tiếp điểm đầu ra không khép mạch được) thì vai trò của kiểm tra định kỳ đối với rơle trở nên quan trọng, khi tất cả các bộ phận của nó được xem xét lại kỹ càng trong cùng một lần.

7.10.3. Các dụng cụ kiểm tra rơle

Trong nhiều trường hợp, bằng các giác quan ta cũng có thể phát hiện ra được sự hư hỏng trong rơle số. Thí dụ, ta có thể nhìn thấy những vệt cháy xém, đứt dây hay nghe các tia lửa phát ra tại một điểm nào đó hoặc ngửi thấy mùi khói bốc ra. Đôi khi ta có thể chạm tay vào một phần nào đó: nó mát lạnh trong khi đáng ra phải nóng hoặc rất nóng trong khi đáng ra phải nguội. Tuy nhiên trong tuyệt đại đa số trường hợp để phát hiện ra sự cố ta cần phải có sự trợ giúp của các dụng cụ điện tử. Các dụng cụ này có thể là vôn kế, đồng hồ vạn năng số (numeric tester), đầu thử lôgic, bộ dò thông mạch điện áp thấp, hàng kẹp vi mạch, bộ đổi nối, máy hiện sóng (oscilloscope), bộ tạo xung, bộ đếm tần, các bộ nguồn dòng và áp thứ cấp xoay chiều, nguồn tạo tín hiệu số một chiều, đồng hồ thời gian v.v...

Nói chung không nên sử dụng ôm kế kiểu cũ để thử thông mạch vì ở dải đo điện trở cao, điện áp ở các đầu thử thường có giá trị cao có thể làm hỏng các linh kiện điện tử. Tuy nhiên có thể sử dụng các bộ thử thông mạch điện áp thấp. Vôn kế là dụng cụ thử nghiệm khá tiện lợi vì gọn nhẹ và cách đo cũng dễ dàng. Chỉ cần nối một đầu ra với dây đất trong bản mạch (rất dễ tìm), đầu kia để đo các điện áp tại các điểm cần kiểm tra. Tuy nhiên vôn kế không có khả năng phát hiện các tín hiệu xung.

Đầu thử lôgic cho phép xác định các chân vi mạch có giá trị lôgic cao, thấp, trạng thái

lôgic thứ ba, các tín hiệu xung lôgic cao, xung lôgic thấp, xung tần số cao, xung tần số thấp tùy theo tổ hợp của các đèn *LED* phát sáng. Khi sử dụng cần chú ý là bộ thử lôgic có một đầu nối với nguồn 5 V của thiết bị được kiểm tra.

Các bộ nguồn thử nghiệm tạo áp, dòng thứ cấp như *TMT3U/3I* hay *OMICRON* (Siemens) cho phép tạo ra tình huống sự cố để xem xét phản ứng của rơle. Đây là các bộ thử nghiệm tổng hợp có khả năng kiểm tra nhiều chức năng bảo vệ của rơle và các tham số như độ chính xác tác động, thời gian trễ, hệ số trở về, các đầu vào và ra số v.v...

Hàng kẹp vi mạch được sử dụng để đưa các tín hiệu tại các chân vi mạch khó tiếp cận ra phía ngoài tạo điều kiện cho việc kiểm tra dễ dàng hơn.

Các bộ đếm tần cho phép xác định tần số của các xung đồng hồ bên trong rơle đảm bảo cho sự làm việc của bộ vi xử lý, các bộ chuyển đổi tương tự số. Chúng cũng có thể được sử dụng để kiểm tra phần tín hiệu truyền qua lại trên kênh số liệu, kênh địa chỉ và các cổng thông tin. Các máy hiện sóng cũng có khả năng này, ngoài ra chúng còn cho biết hình dạng các tín hiệu được truyền.

7.10.4. Các phương pháp xác định hư hỏng bên trong rơle số

7.10.4.1. Các phần mềm tự kiểm tra

Các rơle số hiện đại thường được trang bị các phần mềm tự kiểm tra cho phép xác định tình trạng làm việc của các bộ phận phần cứng của chúng. Các phần mềm này được kích hoạt khi rơle được cung cấp nguồn và thường xuyên thông báo về trạng thái làm việc của bộ vi xử lý, các bộ nhớ, các bộ nguồn, các đầu vào và ra v.v... Tuy nhiên khả năng của các phần mềm này tương đối hạn chế. Chúng chỉ có thể làm việc được khi rơle bị hư hỏng nhẹ hoặc có sự cố lan truyền chậm. Trong nhiều trường hợp khác, rơle không có khả năng kích hoạt chương trình tự kiểm tra vì các bộ phận liên quan tới nó cũng bị trục trặc. Khi đó có thể sử dụng bộ thử nghiệm chạy bằng phần mềm nối với rơle qua cổng song song. Nếu cách này không có hiệu quả thì cần phải sử dụng các phương pháp khác.

Các phương pháp này đòi hỏi phải tiếp cận với các mạch điện tử của rơle ở trạng thái cắt nguồn hoặc đóng nguồn. Vì vậy trước khi tháo vỏ rơle ta cần phải chú ý các điểm sau:

- Các bộ phận cơ thể và dụng cụ có thể chạm tới bản mạch cần phải được tiếp đất thường xuyên để giải trừ áp tĩnh điện. Rơle phải được đặt trên giá hoặc mặt phẳng kim loại có tiếp đất.

- Tư thế làm việc phải thật cân bằng ổn định để các đầu đo của thiết bị kiểm tra không dao động hoặc trượt trên các chân vi mạch gây ra thêm sự cố. Nên sử dụng hàng kẹp vi mạch để dễ dàng tiếp cận đến các chân linh kiện quá sát nhau.

- Chỉ sử dụng các thiết bị đo an toàn đối với các linh kiện điện tử.

7.10.4.2. Sử dụng bảng chuẩn tín hiệu các chân linh kiện

Phương pháp này thường được dùng tại nơi sửa chữa của người sản xuất rơle vì chỉ có họ mới có đầy đủ thông tin về cấu tạo bên trong của rơle và vì số lượng rơle cần sửa chữa đủ lớn để lập bảng tín hiệu, như vậy có thể tiết kiệm thời gian và chi phí sửa chữa. Như ta đã biết ở mục 5.15, trong chế độ làm việc bình thường, các chân linh kiện thường có trạng thái điện áp ở một trong năm dạng. Một bảng chuẩn ghi nhớ các linh kiện, các chân và

trạng thái điện áp làm việc bình thường của chúng sẽ cho phép một nhân viên sửa chữa có trình độ không cao lắm cũng có thể nhanh chóng phát hiện vị trí sự cố khi so sánh kết quả đo trên bản mạch thực tế với bảng tín hiệu chuẩn. Việc so sánh được tiến hành từ vùng có tín hiệu giống nhau đến vùng có tín hiệu khác nhau. Linh kiện nằm ở đường biên của hai vùng có thể là nguyên nhân gây ra hư hỏng cho rơle.

Đối với người sử dụng rơle, phương pháp này cũng có thể được áp dụng bằng cách kiểm tra điện áp tại tất cả các điểm của một rơle còn làm việc tốt và ghi nhớ lại. Tuy nhiên đây là cách thức khá mạo hiểm nên cần tiến hành thận trọng. Tuy nhiên điều này sẽ tiết kiệm được nhiều thời gian và chi phí khi cần sửa chữa một rơle tương tự.

7.10.4.3. Tìm hiểu cấu tạo và nguyên lý làm việc của các linh kiện phần cứng

Đây là phương pháp mất nhiều thời gian và đòi hỏi người sửa chữa phải có trình độ chuyên môn cao nhưng không phải lúc nào cũng áp dụng được vì nguyên nhân thiếu thông tin. Số lượng các vi mạch rất lớn lại do nhiều hãng khác nhau sản xuất nên nhiều khi không thể tra cứu được ý nghĩa của các chân linh kiện, do đó không xác định được dạng tín hiệu cần phải có của chúng. Tuy nhiên cũng có một vài nguyên tắc giúp cho việc định vị sự cố trở nên dễ dàng hơn. Các chân vi mạch thường chỉ có ba dạng: chân vào, chân ra và chân nguồn. Chân nguồn thường được nối tới các nguồn cung cấp qua các điện trở. Chân ra thường được nối với chân vào của một vi mạch khác và ngược lại. Căn cứ vào trạng thái lôgic của các vi mạch quen biết trên bản mạch ta có thể phát hiện ra các hiện tượng bất thường. Nếu hiện tượng bất thường đó ở chân ra của vi mạch thì có thể bản thân vi mạch bị hư hỏng, còn nếu ở đầu vào thì vi mạch nối tới đầu vào này có thể bị trục trặc.

Một phương án khác là xác định chức năng của bản mạch trong rơle để từ đó suy ra chức năng của các linh kiện trên đó. Điều này có thể suy luận gián tiếp qua các linh kiện quen biết như các vi mạch ổn áp, các bộ đệm, bộ chốt, mạch tạo xung đồng hồ, bộ vi xử lý, các bộ khuếch đại thuật toán, comparatơ, bộ chuyển đổi tương tự số, bộ giải mã, dồn kênh, bộ đếm hoặc các bộ điều khiển vào ra. Bằng cách khôi phục lại sơ đồ nguyên lý của toàn bộ bản mạch có thể xác định được chức năng của linh kiện không quen biết để từ đó suy ra dạng tín hiệu nó phải có.

Một cách giải quyết vấn đề nữa là sử dụng một bản mạch giống hệt như vậy của một rơle khác vẫn làm việc tốt, trên đó có những vi mạch có thể tháo ra được vì được cắm trên đế. Bằng cách lần lượt thay các linh kiện tháo được của bản mạch bị sự cố vào bản mạch làm việc tốt ta có thể xác định được vi mạch bị hỏng trong số các linh kiện này.

Như vậy, ta có thể thấy rằng tất cả các phương pháp xác định sự cố của rơle nói trên không có phương pháp nào là toàn năng và tối ưu cả. Tùy trong trường hợp cụ thể mà ta cần lựa chọn cách thức thích hợp.

7.11. CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO CÁC BỘ PHẬN PHẦN CỨNG CỦA RƠLE SỐ

7.11.1. Nhược điểm của các linh kiện số cổ điển

Các linh kiện về cơ bản của kỹ thuật số thuộc dòng họ 7400 là các linh kiện điển hình được sử dụng từ đầu những năm 1970 cho đến nay. Chúng tồn tại tương đối lâu dài vì khả năng tương thích về mức năng lượng ở đầu vào và đầu ra khiến việc thiết kế sơ đồ trở nên

đơn giản đi rất nhiều. Tuy nhiên chúng có những nhược điểm sau:

- Về kết cấu vỏ bọc, chúng thuộc loại hai hàng chân song song (Dual- in line Package: *DIP)*, chỉ có chân đi ra ở hai mặt đối diện nên không tận dụng được diện tích trên bản mạch.

- Các cổng lôgic đóng mở bên trong để tạo thành tín hiệu 0, 1 về thực chất là kiểu lôgic "Tranzito- Tranzito" *(TTL)* nên tổng trở đầu vào linh kiện không lớn, tiêu thụ nhiều năng lượng và vận tốc đổi trạng thái lôgic không cao (cỡ nhỏ hơn 10 MHz). Những vi mạch này không thể có độ tích hợp lớn, khả năng chống nhiễu kém, nhất là khi làm việc với số tần số cao.

- Để hàn linh kiện vào bản mạch cần phải khoan lỗ và hàn chân linh kiện từ phía mặt không có linh kiện. Điều này gây khó khăn về mặt công nghệ để nối chân linh kiện với các đường đồng ở mặt phía đặt linh kiện. Đây cũng là nguyên nhân khiến cho các bản mạch sử dụng linh kiện kiểu *DIP* hay có sai sót về mặt công nghệ. Bù lại, những linh kiện này vẫn có thể hàn tháo khỏi bản mạch khi cần trong các công đoạn dò tìm nguyên nhân hỏng hóc và thay thế.

7.11.2. Sự cải tiến trong công nghệ kỹ thuật số

Có bốn xu hướng cải tiến chính có liên quan tới nhau như sau:

a. *Xu hướng thứ nhất* là xu hướng cơ bản nhất đi vào cải tiến kết cấu vật lý của các phần tử cơ bản của kỹ thuật số là các cổng lôgic, với mục tiêu tăng mật độ phần tử cơ sở trên một linh kiện, giảm công suất tiêu thụ, tăng tốc độ thao tác và hoàn thiện thêm các đặc tính vật lý của linh kiện. Tiếp theo kiểu *TTL*, người ta sử dụng lôgic với các tranzito mắc theo sơ đồ Schottky để tạo ra dòng họ 74*LS*00 công suất thấp và vận tốc cao. Sau đó là công nghệ *CMOS* kết hợp công nghệ *MOS* kênh âm và kênh dương (*MOS* - công nghệ phun các lớp kim loại và ôxyt lên trên tấm silicon cơ sở). Các công nghệ trên đều thuộc loại công nghệ mặt phẳng, nghĩa là số lượng các phần tử cơ sở phụ thuộc vào diện tích thanh bán dẫn cơ sở. Hiện nay người ta đã sản xuất được linh kiện theo công nghệ ba chiều cho phép tăng tối đa phần tử cơ sở trên một đơn vị thể tích. Ở đây công nghệ đã đạt tới mức độ phân tử: những lớp kim loại hoặc ôxyt chỉ còn mỏng khoảng vài trăm thậm chí vài chục phân tử.

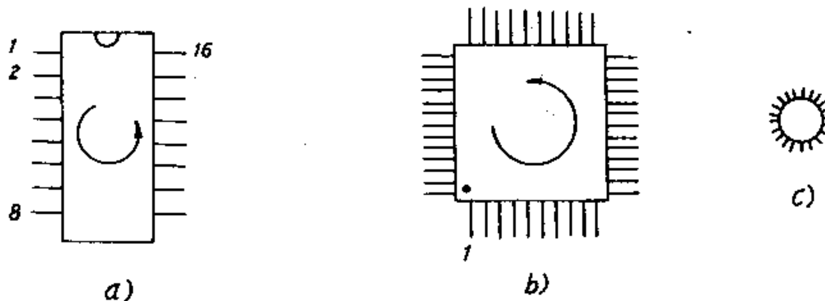
b. *Xu hướng thứ hai* là về hình dáng kích thước của các linh kiện kỹ thuật số. Đây là *hệ quả trực tiếp của xu hướng thứ nhất*.

Nếu *DIP* (kiểu hai hàng chân) với khoảng cách giữa các chân ra là 2,5 mm (hình 7- 16a) thì với số lượng hàng trăm linh kiện, bản mạch sẽ chiếm diện tích khá lớn. Vì vậy người ta đưa các chân ra ở cả bốn cạnh của vỏ và giảm khoảng cách giữa hai chân sát nhau. Loại vỏ này gọi là vỏ mang chíp (*CCP*: Chip carrier package) hoặc loại hình vuông (flat) và có khoảng cách giữa hai chân chỉ còn 1,25 mm (hình 7- 16b)

Cuối cùng người ta sử dụng các loại chip trên bản mạch (*COB*: Chip- On- Board) không có vỏ làm giảm kích thước của linh kiện tới mức tối đa (hình 7- 16c)

c. *Xu hướng thứ ba* thể hiện trong việc tăng cường chức năng cho mỗi linh kiện độc lập. Nếu các linh kiện kỹ thuật số thời kỳ đầu có độ tích hợp thấp chỉ chứa một vài cổng

lôgic HOẶC, VÀ, ĐẢO v.v... thì sau đó xuất hiện các loại linh kiện có độ tích hợp trung bình với hàng trăm hoặc hàng ngàn phần tử cơ sở như các bộ đếm 8 bit, 16 bit hoặc các bộ nhớ 4 Kbyte hoặc hơn. Hiện nay người ta đã có thể chế tạo các bộ vi xử lý với hàng trăm ngàn (Intel 80286 có 120000 phần tử cơ sở) hoặc hàng triệu (Intel Pentium hoặc các bộ nhớ

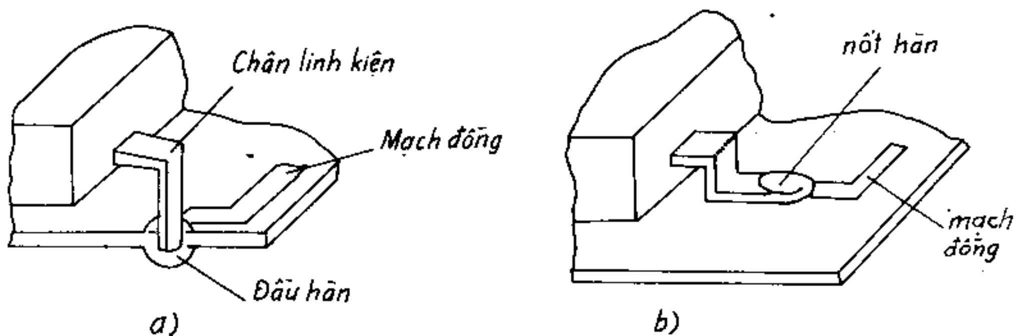


Hình 7-16. Cách sắp xếp các chân của vi mạch

cỡ Mbyte) phần tử cơ sở. Mỗi một linh kiện như vậy có thể đảm đương chức năng của hàng trăm thậm chí hàng ngàn linh kiện kiểu cũ mà có kích thước và mức tiêu thụ năng lượng nhỏ hơn nhiều.

d. *Xu hướng thứ tư* liên quan đến công nghệ lắp ráp các linh kiện kỹ thuật số. Như trên đã nói, các vi mạch kiểu *DIP* được hàn lên bản mạch bằng cách đục lỗ xuyên qua bản mạch (gọi là công nghệ chân xuyên lỗ, hình 7-17a). Ngược lại các linh kiện kiểu vỏ mang chíp *CCP* (hoặc *COB*) sử dụng công nghệ mới gọi là công nghệ lắp ráp bề mặt (hình 7-17b).

Ưu điểm nổi bật của công nghệ này là giảm kích thước và giá thành bản mạch. Thí dụ trong một số trường hợp, công nghệ lắp ráp bề mặt cho phép giảm 60% diện tích và 55% giá thành so với công nghệ chân xuyên lỗ [27]. Ở đây chân linh kiện được đặt trên đường hàn, sau khi được đốt nóng sẽ hàn chặt với nó (hình 7-17b). Độ tin cậy về mặt công nghệ lắp ráp rất cao: các bản mạch loại này ít khi bị trục trặc trong quá trình làm việc. Tuy nhiên nếu mỗi linh kiện bị sự cố, ta không thể thay từng linh kiện một được nữa mà phải thay toàn bộ bản mạch: việc thay linh kiện chỉ có thể thực hiện được ở nhà máy sản xuất. Đối với người sử dụng tại Việt Nam, nơi chưa có điều kiện chế tạo, điều này có nghĩa là chi phí sửa chữa sẽ gia tăng và ta sẽ bị lệ thuộc hoàn toàn vào người cung cấp thiết bị trong



Hình 7-17.

các vấn đề bảo trì và sửa chữa.

7.11.3. Một số nguyên nhân gây hư hỏng phần cứng của rơle số

Khi theo dõi các xu hướng cải tiến công nghệ phần cứng của các thiết bị kỹ thuật số, ta hoàn toàn có thể đánh giá cấp độ mới về mặt công nghệ của thiết bị có trong tay đôi khi chỉ bằng cách nhìn vào bản mạch điện tử của thiết bị này. Thiết bị không thể gọi là có công nghệ tiên tiến mặc dù vừa mới được sản xuất nếu chỉ dùng các loại linh kiện kiểu *DIP* với công nghệ chân xuyên lỗ và mức độ tích hợp không cao. Độ tin cậy của các thiết bị công nghệ cũ thể hiện ở hai khía cạnh: lắp ráp và tiêu thụ năng lượng. Khi mức độ tích hợp không lớn, đòi hỏi phải sử dụng nhiều linh kiện với nhiều mối hàn ghép nối. Do ảnh hưởng điều kiện môi trường như độ rung, lực uốn, sự ôxy hóa các bề mặt hàn, các mối hàn này làm cho xác suất hư hỏng của thiết bị tăng lên rất nhiều. Mức độ tiêu thụ công suất của các linh kiện cũng thường là nguyên nhân dẫn đến hư hỏng phần khuếch đại công suất của bộ nguồn một chiều. Trong điều kiện môi trường nóng và ẩm, các linh kiện điện tử phần công suất thường làm việc ở mức tới hạn, do đó trong các thiết bị kỹ thuật số, các bộ phận này có xác suất hư hỏng rất cao so với phần lôgic công suất thấp. Các vi mạch số kiểu *TTL* có điện trở đầu vào không cao nên thường hay bị "cháy" khi đảo cực nguồn nuôi một chiều, do nhầm lẫn hoặc bị chạm mạch.

Các vi mạch số thế hệ sau cũng không phải là không có vấn đề. Do khoảng cách giữa các đường đồng dẫn điện có thể được giảm tới mức tối thiểu (1,25 mm) nên khả năng rò điện tăng lên đáng kể trong điều kiện môi trường ẩm. Điều này đặc biệt hay xảy ra đối với các thiết bị có sử dụng các bộ nhớ động công nghệ *CMOS*, thí dụ để nhớ các giá trị chỉnh định của rơle dòng hay khoảng cách, có sử dụng pin nạp lại được để cung cấp nguồn. Các pin này rất dễ hỏng nếu không được nạp lại thường xuyên: khi hỏng chúng làm ẩm ướt bề mặt bản mạch và gây chạm chập. Vì vậy đối với các rơle số tuyệt đối không được để các pin loại này trong mạch nếu không sử dụng chúng trong một thời gian dài.

Các vi mạch kiểu *CMOS* có xác suất tồn tại khi có sự cố do ngắn mạch hay đảo cực nguồn nuôi cao hơn kiểu *TTL*, song chúng lại đặc biệt nhạy cảm với các áp tĩnh điện. Với điện áp tĩnh điện của cơ thể người thực tế từ 100 V đến 2000 V, ta có thể dễ dàng làm hỏng các vi mạch kiểu *CMOS* chỉ bằng cách chạm tay vào chúng. Vì vậy cần phải áp dụng các biện pháp để loại trừ các điện áp tĩnh điện khi tiếp xúc với các linh kiện kiểu này.

Chương 8

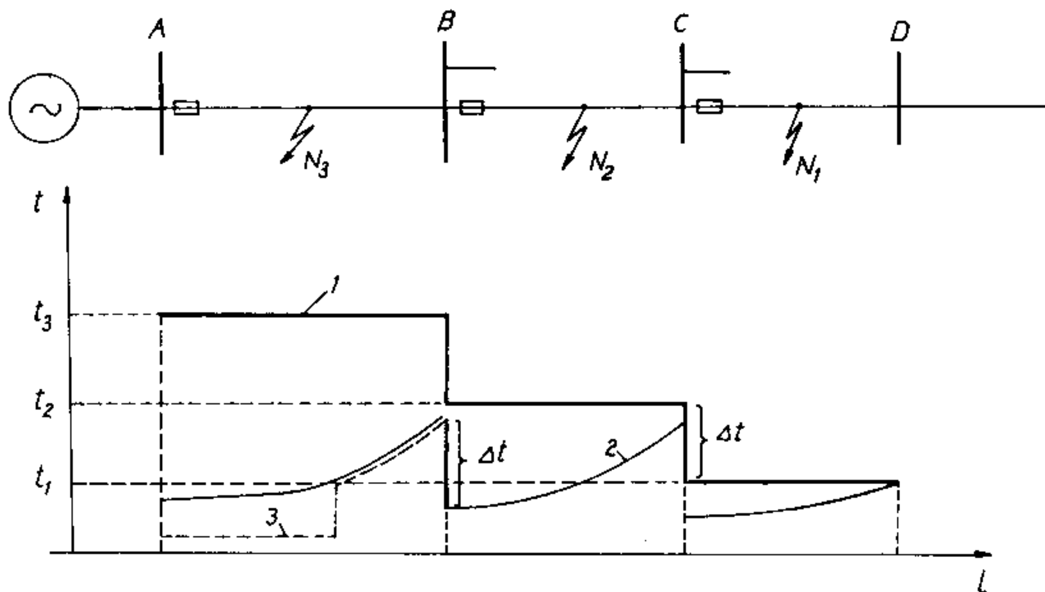
ĐẶC TÍNH CỦA CÁC RƠLE THÔNG DỤNG

8.1. RƠLE QUÁ DÒNG

8.1.1. Phạm vi ứng dụng của các loại đặc tuyến tác động

Rơle quá dòng thường có hai dạng đặc tuyến thời gian tác động chính: đặc tuyến thời gian tác động độc lập và đặc tuyến thời gian phụ thuộc. Người ta chọn các đặc tuyến này tùy theo từng ứng dụng cụ thể. Bảo vệ cắt nhanh cũng là một dạng của bảo vệ quá dòng có thời gian tác động độc lập.

Các rơle quá dòng điện cơ đầu tiên thường có đặc tuyến thời gian tác động độc lập, chúng có thể được dùng để bảo vệ, thí dụ, cho một mạng hình tia như trên hình 8-1.



Hình 8-1. Bảo vệ quá dòng cho mạch hình tia

Khi có ngắn mạch tại điểm *N*1 thì máy cắt ở trạm *C* phải cắt đầu tiên để cô lập sự cố trong đoạn *CD*, do đó thời gian đặt t_1 cho bảo vệ quá dòng ở đây là nhỏ nhất. Việc chọn thời gian đặt cho các bảo vệ gần nguồn hơn được thực hiện theo nguyên tắc từng cấp (xem [3])

$$\Delta t = t_n - t_{n-1\ max} \qquad (8\text{-}1)$$

Đặc điểm của bảo vệ quá dòng với thời gian độc lập là bảo vệ tác động với thời gian như nhau đối với các vị trí sự cố khác nhau trên đoạn dây được bảo vệ (đường *1*, hình 8-1).

Điều này tỏ ra phù hợp với các đường dây xa nguồn. Còn đối với các đường dây gần nguồn, việc đặt thời gian cho bảo vệ loại này sẽ gặp khó khăn vì cần phải thỏa mãn hai điều kiện trái ngược nhau:

- Thời gian tác động phải nhỏ để cắt nhanh sự cố có dòng ngắn mạch lớn.
- Thời gian tác động phải lớn để lớn hơn thời gian đặt của bảo vệ phía sau kề nó một khoảng thời gian Δt (điều kiện 8-1).

Trong trường hợp này, người ta cần sử dụng bảo vệ quá dòng với thời gian phụ thuộc. Bảo vệ quá dòng loại này trong trường hợp chung sẽ làm giảm thời gian cắt của bảo vệ, nhất là bảo vệ đầu nguồn (đường *2*, hình 8-1). Rơle loại này cũng cần tuân theo qui tắc phân cấp thời gian như sau:

$$\Delta t = t_{n(c)} - t_{n-1(d)} \qquad (8\text{-}2)$$

với $t_{n(c)}$ là thời gian tác động của bảo vệ của đoạn dây n khi có ngắn mạch tại vị trí cuối đường dây, còn $t_{n-1(d)}$ là thời gian tác động của bảo vệ phía sau kề nó khi có ngắn mạch tại vị trí đầu của đường dây này.

Đối với các đối tượng bảo vệ quan trọng thí dụ như đoạn *AB* (hình 8-1) gần nguồn, người ta thường sử dụng các loại bảo vệ cắt nhanh (thời gian cắt có thể đạt tới 50 ms hoặc nhỏ hơn). Khi đó đồ thị thời gian sẽ có dạng như đường *3*. Tuy nhiên bảo vệ loại này chỉ được dùng cho một phần đường dây để bảo đảm khi nó tác động sự cố chắc chắn phải xảy ra trên đường dây được bảo vệ (bù trừ sai số đo lường và thao tác). Phần còn lại thường do rơle quá dòng với thời gian phụ thuộc đảm nhận sao cho phù hợp bảo vệ phía sau về mặt thời gian. Trước đây hai chức năng này (ngưỡng cao và ngưỡng thấp) thường do hai rơle điện cơ khác nhau thực hiện. Hiện nay trong các rơle số, hai chức năng bảo vệ quá dòng ngưỡng cao và ngưỡng thấp thường được cài đặt trong cùng một rơle.

Các đặc tuyến của rơle quá dòng còn được dùng trong nhiều ứng dụng bảo vệ khác nhau ngoài bảo vệ đường dây, song trên đây chỉ trình bày ứng dụng loại này như một thí dụ minh họa.

Hiện nay trong các rơle số thường không chỉ có chức năng bảo vệ quá dòng với thời gian phụ thuộc pha hoặc đất mà còn được cài đặt các chức năng khác như bảo vệ quá áp, sụt áp, tự đóng lại, dòng thứ tự nghịch, bảo vệ theo mô hình nhiệt với mục đích bảo vệ tổng hợp cho một đối tượng bảo vệ như động cơ, thanh cái...

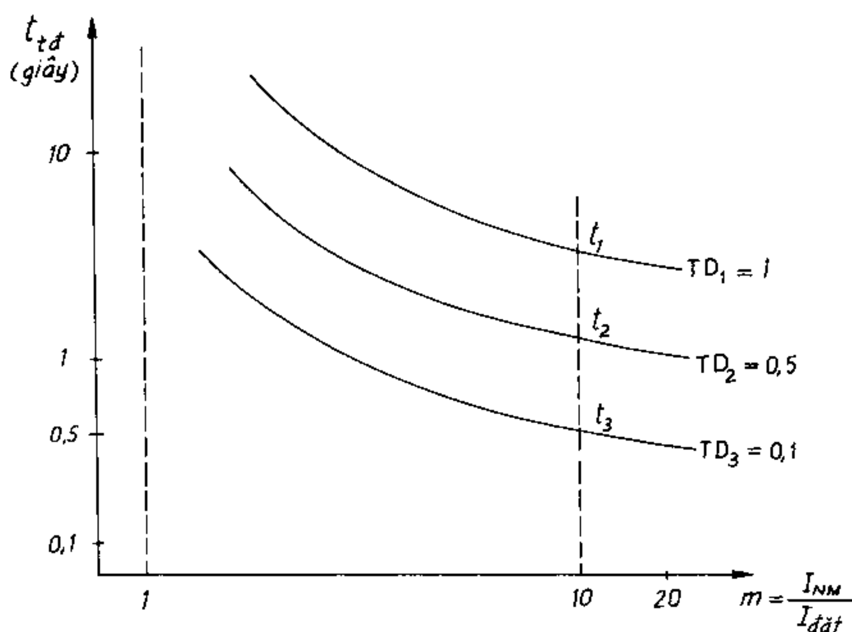
8.1.2. Các đặc tuyến của bảo vệ quá dòng với thời gian tác động phụ thuộc

Hiện nay trên thực tế tồn tại chủ yếu ba loại tiêu chuẩn về dạng các đường cong của bảo vệ loại này. Đó là tiêu chuẩn của Mỹ *(US)*, tiêu chuẩn của Ủy ban kỹ thuật điện quốc tế (*IEC*) và tiêu chuẩn của các rơle có nguồn gốc từ Liên Xô (trước đây). Yêu cầu về tiêu chuẩn kiểu này thực tế được giới thiệu từ những năm 1920 song trong một thời gian dài chưa được đưa vào áp dụng vì khó tạo ra các đường cong giống với lý thuyết do các rơle thời đó thường sử dụng hiện tượng bão hòa từ của các nam châm điện để thay đổi thời gian tác động.

Ở Châu Âu, việc tiêu chuẩn hóa đặc tuyến của bảo vệ quá dòng lần đầu tiên được thực hiện ở Anh từ trước những năm 50 với tiêu chuẩn *BS*142 nổi tiếng (British Standards).

Dần dần tiêu chuẩn này được Ủy ban Kỹ thuật Điện Quốc tế chấp nhận và ngày nay được sử dụng rộng rãi ở Châu Âu và các nơi khác trên thế giới. Chúng thường được sử dụng dưới tên gọi "đặc tuyến nghịch chuyển với thời gian nhỏ nhất xác định" (*IDMT* - inverse curve with definite minimum time). Khái niệm nghịch chuyển để chỉ xu hướng giảm dần của thời gian khi dòng qua rơle tăng lên. Để đơn giản hóa và dễ hình dung hơn, sau đây các đường cong này sẽ được gọi là các đường cong dốc. Trong các tài liệu của Liên Xô (cũ) thường dùng một thuật ngữ tương đương là "đặc tuyến phụ thuộc có giới hạn", sẽ không được dùng ở đây vì không khái quát được chiều hướng dốc của các đặc tuyến này.

Trên hình 8-2 giới thiệu họ đường cong điển hình theo tiêu chuẩn *IEC* thường được sử dụng trong các rơle của Châu Âu.



Hình 8-2. Họ đường cong điển hình theo tiêu chuẩn IEC

Ở đây các tọa độ được vạch theo giá trị lôgarit với trục tung là thời gian tác động t_{td}, trục hoành là bội số dòng m:

$$m = I_{NM}/I_{đặt} \quad (8\text{-}3)$$

với I_{NM} - dòng sự cố; $I_{đặt}$ - dòng đặt của bảo vệ.

Giá trị dòng đặt ở đây được hiểu như là dòng cực đại mà đối tượng bảo vệ có thể chịu đựng được trong thời gian bằng vô cùng (∞). Do đó, khi dòng chạy qua rơle bằng $I_{đặt}$ (nghĩa là $m = 1$), thời gian cắt của bảo vệ sẽ vô cùng lớn. Về mặt lý thuyết, khi dòng sự cố lớn hơn $I_{đặt}$, thời gian tác động sẽ hữu hạn. Trên thực tế giá trị dòng đầu tiên vượt quá $I_{đặt}$ khiến cho rơle có thể tác động được dao động từ 1,05 đến 1,3 lần $I_{đặt}$. Giá trị $I_{đặt}$ thường lấy bằng 1,0 đến 1,5 dòng danh định của biến dòng điện *BI* của bảo vệ và được cài đặt bằng nấc chọn dòng (rơle cơ) hoặc từ bàn phím (rơle số).

Thời gian tác động của bảo vệ trong trường hợp chung được biểu diễn bằng công thức:

$$t_{td} = \frac{K}{m^n - 1} = \frac{k_1}{m^n - 1} . TD \quad (8\text{-}4)$$

Tùy từng đối tượng bảo vệ, n sẽ có giá trị khác nhau, n càng lớn các đường cong sẽ càng dốc. Chọn n sẽ xuất phát từ yêu cầu sao cho đặc tuyến thời gian cắt của bảo vệ càng ôm khít với đặc tuyến thời gian chịu đựng dòng của đối tượng bảo vệ càng tốt. Thí dụ, nếu sử dụng cầu chì (với $n \approx 3,5$) để bảo vệ đường dây, trong nhiều trường hợp độ chọn lọc không được bảo đảm vì có khi độ chênh lệch thời gian tác động khi có sự cố ở điểm đầu và điểm cuối của đường dây quá lớn. Trong trường hợp này, cần phải chuyển sang sử dụng các đường cong với độ dốc thấp hơn.

Giá trị *TD* được gọi là hệ số chọn thời gian (time dial). Ở Châu Âu, nó thường được gọi dưới cái tên "giá trị đặt số nhân thời gian" (*TMS* - time multiplier setting). Giá trị này thường nhỏ hơn 1, song cũng có thể lớn hơn ít nhiều (thí dụ đối với rơle của Siemens).

Tùy theo mỗi giá trị n ta có một họ đường cong tương ứng với các giá trị *TD* khác nhau. Tung độ thời gian của mỗi điểm thuộc một đường cong ứng với một giá trị m cố định sẽ tỉ lệ thuận với giá trị *TD*. Nói cách khác, khi dòng không đổi, thời gian tác động ứng với dòng đó chia cho giá trị *TD* tương ứng của mỗi đường cong sẽ là một hằng số. Thí dụ trên hình 8-2, sử dụng công thức (8-4) ta dễ dàng suy ra:

$$\frac{t_1}{TD_1} = \frac{t_2}{TD_2} = \frac{t_3}{TD_3} = \frac{k_1}{m^n - 1} = \text{const} \quad (8\text{-}5)$$

8.1.3. Một số dạng đường cong tiêu biểu [19]

a. Phương trình đối với các đường cong của Mỹ (US):

t_{td} - thời gian tác động của bảo vệ quá dòng (sec);

t_{tv} - thời gian trở về (giải trừ) của bảo vệ (sec);

TD - hệ số khuếch đại theo thời gian;

m - bội số dòng sự cố so với dòng đặt của bảo vệ.

Đường cong với độ dốc vừa phải U_1 (hình 8-3):

$$t_{td} = TD[0,0226 + \frac{0,1014}{m^{0,02} - 1}]; \qquad t_{tv} = \frac{-TD.1,08}{m^2 - 1} \quad (8\text{-}6)$$

Đường cong dốc U_2 (hình 8-4):

$$t_{td} = TD[0,180 + \frac{5,95}{m^2 - 1}]; \qquad t_{tv} = \frac{-TD5,95}{m^2 - 1} \quad (8\text{-}7)$$

Đường cong rất dốc U_3 (hình 8-5):

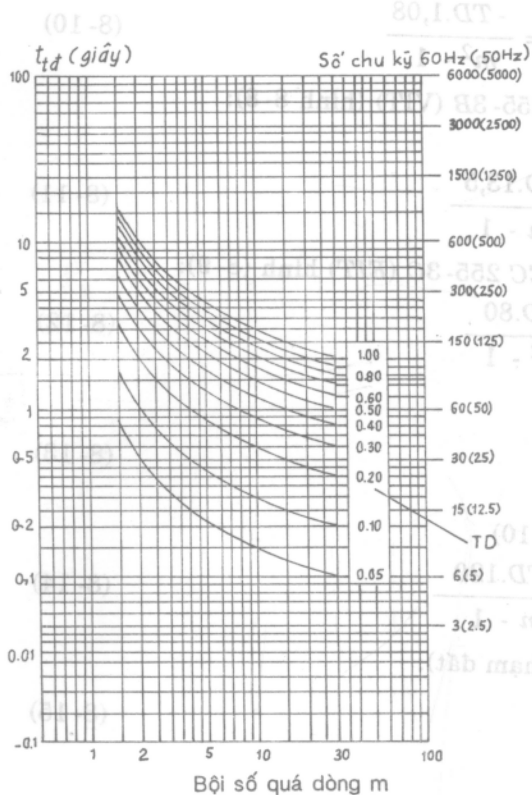
$$t_{td} = TD[0,0963 + \frac{3,88}{m^2 - 1}]; \qquad t_{tv} = \frac{-TD.3,88}{m^2 - 1} \quad (8\text{-}8)$$

Đường cong cực kỳ dốc *U4* (hình 8-6)

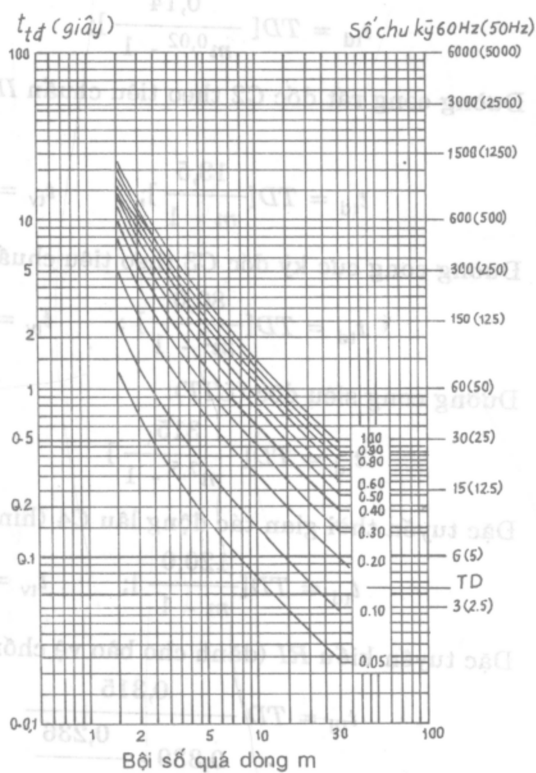
$$t_{td} = TD[0,0352 + \frac{5,67}{m^2 - 1}]; \qquad t_{tv} = \frac{-TD.5,67}{m^2 - 1} \quad (8\text{-}9)$$

b. Phương trình đối với các đường cong theo tiêu chuẩn IEC 255-3:

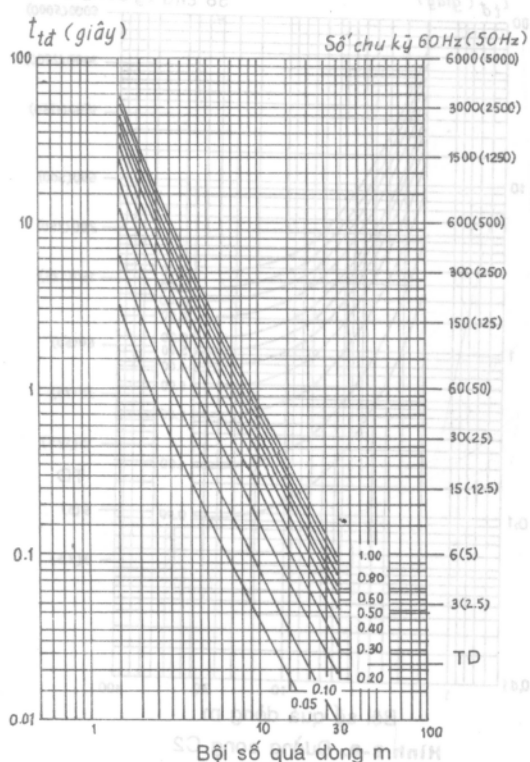
Đường cong dốc chuẩn *C*1 theo tiêu chuẩn *IEC* 255-3*A* (viết bằng tiếng Anh là *SIT*) (hình 8-7):



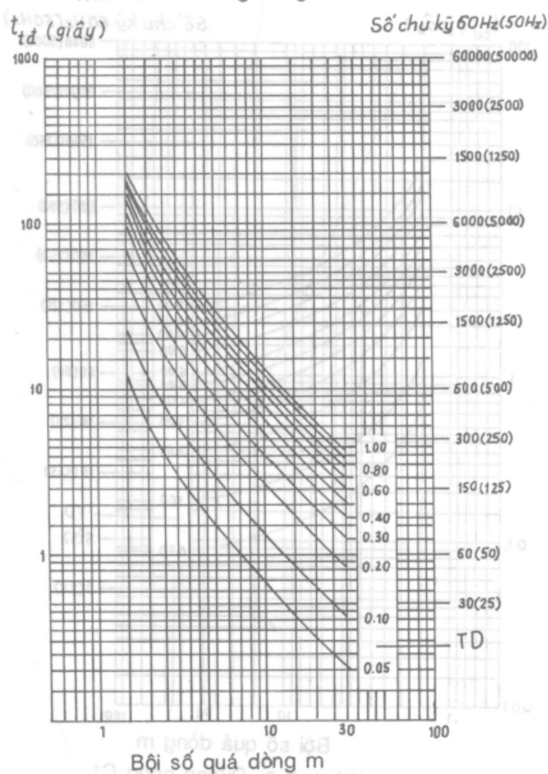
Hình 8-3. Đường cong U1



Hình 8-4. Đường cong U2



Hình 8-5. Đường cong U3



Hình 8-6. Đường cong U4

$$t_{td} = TD[\frac{0,14}{m^{0,02} - 1}]; \quad t_{tv} = \frac{-TD.1,08}{m^2 - 1} \tag{8-10}$$

Đường cong rất dốc $C2$ theo tiêu chuẩn *IEC* 255-3*B* (VIT) (hình 8-8):

$$t_{td} = TD[\frac{13,5}{m - 1}]; \quad t_{tv} = \frac{-TD.13,5}{m - 1} \tag{8-11}$$

Đường cong cực kỳ dốc $C3$ theo tiêu chuẩn *IEC* 255-3*C* (*EIT*) hình (8-9):

$$t_{td} = TD[\frac{80,0}{m^2 - 1}]; \quad t_{tv} = \frac{-TD.80}{m^2 - 1} \tag{8-12}$$

Đường cong siêu dốc (*UIT*):

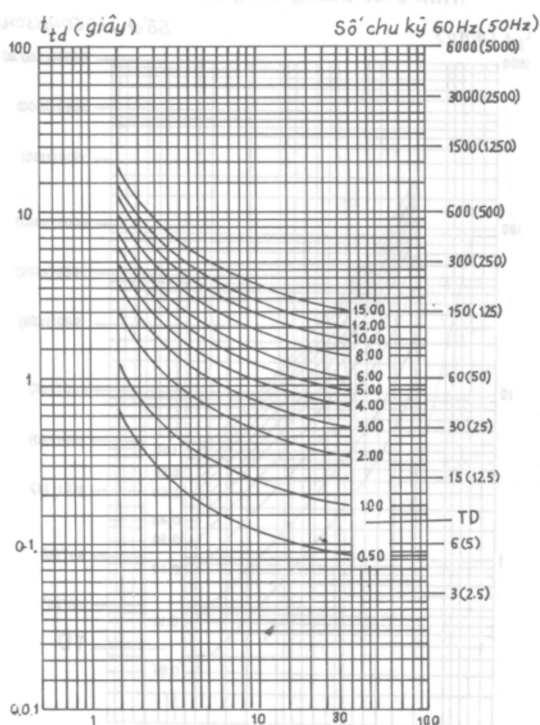
$$t_{td} = TD[\frac{315}{m^{2,5} - 1}] \tag{8-13}$$

Đặc tuyến thời gian tác động lâu $C4$ (hình 8-10)

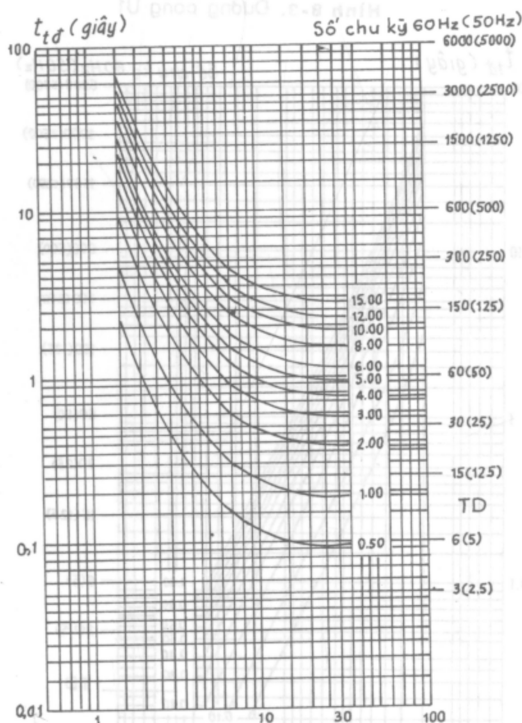
$$t_{td} = TD[\frac{120,0}{m - 1}]; \quad t_{tv} = \frac{-TD.120}{m - 1} \tag{8-14}$$

Đặc tuyến kiểu *RI* (dành cho bảo vệ chống chạm đất):

$$t_{td} = TD\frac{0,315}{0,339 - \frac{0,236}{m}} \tag{8-15}$$

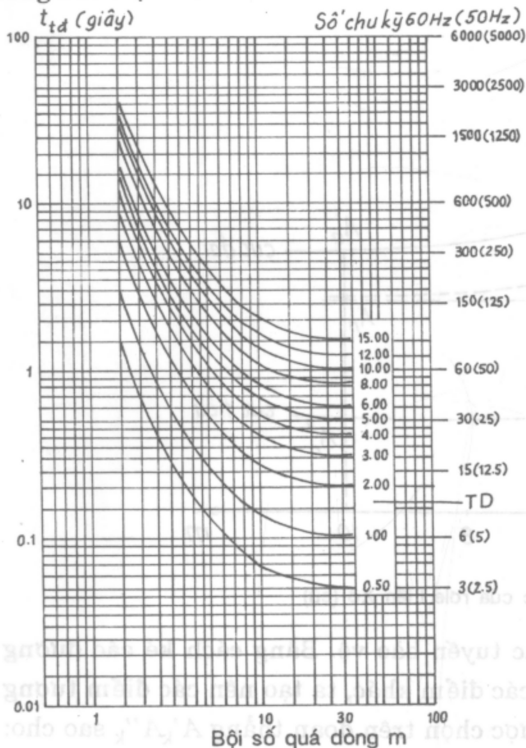


Hình 8-7. Đường cong C1

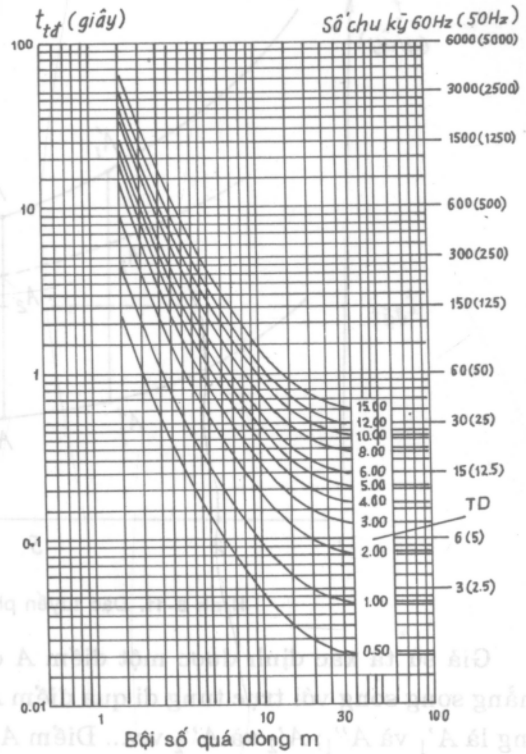


Hình 8-8. Đường cong C2

Ở đây ta cần chú ý là các đường cong $C1$, $C2$ và $C3$ được chuẩn hóa theo tiêu chuẩn *IEC*, còn các đường cong khác tuy không chuẩn hóa song cũng được sử dụng khá phổ biến trong các loại rơle số khác nhau.



Hình 8-9. Đường cong C3



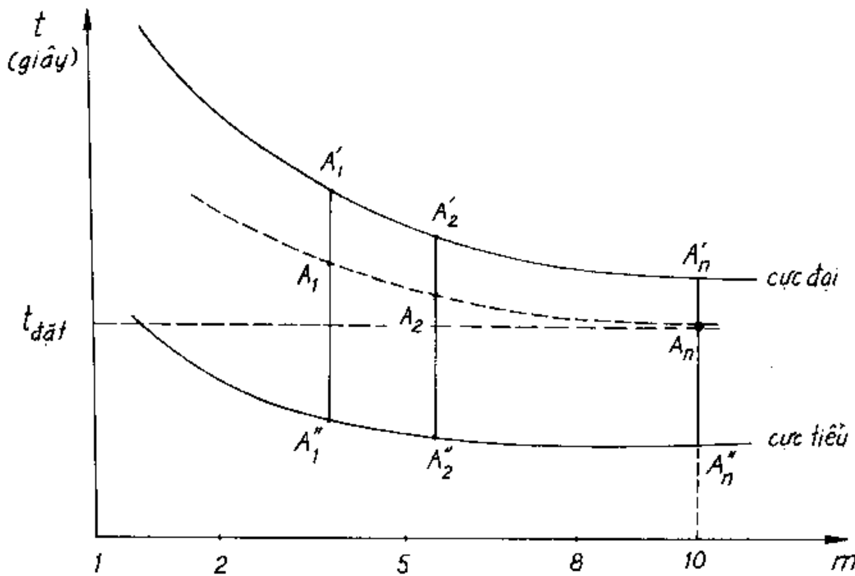
Hình 8-10. Đường cong C4

8.1.4. Phân biệt các tiêu chuẩn đặc tuyến phụ thuộc

Trong các rơle điện cơ của phương Tây, đặc tuyến phụ thuộc thường được cho xác định bởi một đường cong với giá trị *TD* cụ thể. Việc suy ra các đường cong với các giá trị *TD* khác có thể được thực hiện một cách lý thuyết theo công thức (8- 5) hoặc bằng cách dịch chuyển đường cong đó lên xuống theo hướng trục tung của đồ thị hình 8-2 (phương pháp gần đúng). Trong các rơle số hiện nay, nhờ có bộ nhớ lớn, các họ đường cong được cài đặt rất phong phú và có độ chính xác cao. Việc chuyển từ đặc tuyến làm việc này sang đặc tuyến làm việc khác được thực hiện dễ dàng qua bàn phím. Nếu so sánh các đường cong này có thể nhận xét rằng, trong cùng một họ đường cong tương đương của *IEC* và *US*, thí dụ như *VIT* hoặc *EIT*, các đường cong *US* thường ít dốc hơn và việc chuyển sang đoạn thời gian xác định khi có dòng cao diễn ra từ từ hơn. Ngoài ra nếu theo tiêu chuẩn *IEC*, các giá trị *TD* thường lấy giá trị dao động quanh 1 (ở đây đường cong với giá trị $TD = 1$ thường được sử dụng làm đường cong gốc trong các rơle điện cơ) thì theo tiêu chuẩn *US*, giá trị này có khi lên tới hàng chục. Ở đây nó thường được gọi là hệ số đòn bẩy thời gian (*TLS* - time lever setting).

Khác với các đặc tuyến trên, trong các đặc tuyến phụ thuộc của rơle có nguồn gốc từ Liên Xô (cũ), hai trục thời gian t_{td} và bội số dòng m không phân độ lôgarit mà thường ở dạng đơn vị bình thường (hình 8-11). Miền làm việc của rơle thường là một dải với hai đặc

tuyến đường biên cực đại và cực tiểu. Việc xác định đặc tuyến ứng với một điểm làm việc được thực hiện như sau:



Hình 8-11. Đặc tuyến phụ thuộc của rơle Liên Xô (cũ)

Giả sử ta xác định được một điểm A của đặc tuyến bảo vệ. Bằng cách kẻ các đường thẳng song song với trục tung đi qua điểm A_1 và các điểm khác, ta tạo nên các điểm tương ứng là A'_1 và A''_1; A'_2 và A''_2 v.v... Điểm A_k sẽ được chọn trên đoạn thẳng $A'_kA''_k$ sao cho:

$$\frac{A_kA'_k}{A_kA''_k} = \frac{A_1A'_1}{A_1A''_1} = \frac{A_nA'_n}{A_nA''_n} = \text{const} \qquad (8\text{-}16)$$

Quĩ tích các điểm A_1, A_2...A_k .... A_n sẽ tạo nên đặc tuyến làm việc đi qua điểm A_1 cho trước. Đối với các giá trị $m > 10$, đặc tuyến này sẽ được coi như nằm ngang và là đặc tuyến độc lập.

Phương pháp này có nhược điểm là chỉ xác định đường cong làm việc theo đồ thị chứ không theo công thức đại số nên độ chính xác không cao, trong khi các rơle phương Tây cho phép xác định thời gian theo cả hai phương pháp.

8.1.5. Các giá trị đặt trong bảo vệ quá dòng có thời gian

Đối với bảo vệ quá dòng với đặc tuyến độc lập, vì thời gian là không đổi nên chỉ cần đặt giá trị dòng tác động (pick-up). Dòng này có thể đặt nhỏ hơn dòng danh định thứ cấp (I_n) của biến dòng hoặc gấp hàng chục lần dòng này ($I_{đặt} > 10\ I_n$). Ngược lại, nếu theo định nghĩa dòng đặt là giá trị mà khi dòng qua rơle vượt quá nó, bảo vệ sẽ tác động có thời gian (hữu hạn), thì ở rơle quá dòng với thời gian phụ thuộc, $I_{đặt}$ ít khi vượt quá $2 \div 3$ lần I_n. Cách chọn thời gian đặt cũng không giống nhau trong các rơle quá dòng. Mục đích của việc đặt tham số trong trường hợp này là xác định một điểm làm việc của bảo vệ trên đồ thị "dòng-thời gian" để từ đó suy ra các điểm làm việc khác, theo các phương pháp đã trình bày ở mục 8.1.4.

Theo phương pháp của Liên Xô (cũ), thời gian đặt $t_{đặt}$ (hay t >) cho bảo vệ quá dòng

được xác định bằng tung độ của đường cong làm việc ứng với điểm $m = 10$ (điểm A_n trên hình 8-11).

Đối với các rơle dùng đặc tuyến *IDMT* của phương Tây, thường có ba cách chọn thời gian đặt. Cách thứ nhất tương tự như phương pháp của Liên Xô (cũ), nghĩa là lấy thời gian của điểm $m = 10$, song lại thực hiện theo phương pháp đại số. Việc xác định thời gian đặt được thực hiện như sau:

Thí dụ, đối với đường cong dốc chuẩn (*SIT*) ta có thời gian tác động của bảo vệ tại điểm $m = 10$ (xem (8-10)) như sau:

$$t> = t_{td}(m = 10) = \frac{0,14}{10^{0,02} - 1} . TD = 2,97.TD$$

Phương pháp này được sử dụng trong rơle quá dòng của một số hãng, thí dụ như trong rơle *SEPAM* của hãng Merlin Gerin (Pháp). Nó có ưu điểm là dễ dàng thử nghiệm (kiểm tra) được thời gian đặt $t>$ của bảo vệ mà không cần biết dạng đường cong, nhưng sẽ phức tạp khi đặt tham số của bảo vệ, vì giá trị *TD* sẽ phải nhân với một hệ số khó nhớ.

Phương pháp thứ hai cho phép lấy chính *TD* làm giá trị đặt của bảo vệ nên việc cài đặt tham số sẽ đơn giản hơn. Tuy nhiên, việc kiểm định độ tác động chính xác theo thời gian sẽ phức tạp hơn, vì trên mỗi họ đường cong khác nhau, điểm ứng với thời gian *TD* sẽ có giá trị *m* khác nhau. Thí dụ đối với tất cả các đường cong gốc chuẩn *SIT* không có điểm *m* nào có thời gian tác động bằng giá trị đặt *TD* của mỗi đường cong thuộc họ đó. Đối với họ đường cong rất dốc (*VIT*), tại điểm $m = 14,5$ thời gian tác động bằng với thời gian đặt *TD*. Đối với họ đường cong cực kỳ dốc (*EIT*), giá trị tương ứng sẽ là $m = 9$.

Phương pháp thứ ba lấy giá trị 10.*TD* làm thời gian đặt cho bảo vệ quá dòng với thời gian phụ thuộc. Khi đó thời gian tác động bằng với giá trị đặt 10.*TD* sẽ ứng với các giá trị *m* như sau: đường cong *SIT* : $m = 2,004$; đường cong *VIT*: $m = 2,35$; đường cong *EIT*: $m = 3$. Phương pháp này thường được dùng cho các bảo vệ chống chạm đất.

Hai phương pháp thứ hai và thứ ba được sử dụng trong các rơle của Siemens, *SEL* và một số hãng khác.

So sánh các giá trị đặt của các phương pháp được đưa ra trên bảng 8-1.

Bảng 8-1. **So sánh thời gian đặt theo các phương pháp**

Dạng đường cong	Công thức thời gian tác động	Thời gian đặt ($t>$)			Giá trị m có thời gian tác động bằng thời gian đặt		
		Phương pháp 1	Phương pháp 2	Phương pháp 3	Phương pháp 1	Phương pháp 2	Phương pháp 3
Dốc chuẩn (SIT)	$t = \frac{0,14}{m^{0,02} - 1} .TD$	2,97.TD	TD	10.TD	10	Không có	2,004
Rất dốc (VIT)	$t = \frac{13,5}{m - 1} . TD$	1,5.TD	TD	10.TD	10	14,5	2,35
Cực kỳ dốc (EIT)	$t = \frac{80}{m^2 - 1} . TD$	0,808.TD	TD	10.TD	10	9	3

8.2. RƠLE BẢO VỆ SO LỆCH

8.2.1. Giới thiệu rơle bảo vệ so lệch máy biến áp

Rơle bảo vệ so lệch là loại rơle chính dành cho bảo vệ máy biến áp động lực dựa trên nguyên tắc so sánh dòng đi vào và đi ra của máy biến áp. Ở phương Tây, các loại bảo vệ so lệch dọc tương tự như vậy còn được gọi là bảo vệ bộ phận (unit protection). Hiện nay, để bảo vệ máy biến áp, người ta thường dùng rơle có cuộn hãm (rơle điện cơ, hình 8-12) hoặc tham số dòng hãm (rơle tĩnh và số) $I_{hãm}$. Bảo vệ sẽ tác động nếu mômen quay $M_{llv} > M_{lhãm}$ và ngược lại. Mối quan hệ giữa dòng làm việc I_{lv} (hay dòng so lệch I_{sl}) và dòng hãm khi bảo vệ tác động được biểu diễn bằng biểu thức sau:

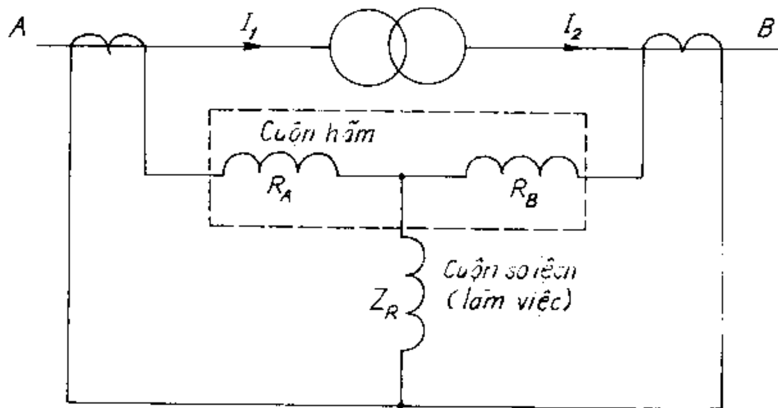
$$I_{sl}^2 = \left|\frac{\dot{I}_1 - \dot{I}_2}{S}\right|^2 \geq \left|\frac{\dot{I}_1 + \dot{I}_2}{2}\right|^2 + \left[\frac{I_{td(o)}}{S}\right]^2 = I_{hãm}^2 + \left[\frac{I_{kd(o)}}{S}\right]^2 \qquad (8\text{-}17)$$

đối với rơle điện từ, hoặc:

$$I_{sl} = \left|\frac{\dot{I}_1 - \dot{I}_2}{S}\right| \geq \left|\frac{\dot{I}_1 + \dot{I}_2}{2}\right| + \frac{I_{td(o)}}{S} = I_{hãm} + \frac{I_{kd(o)}}{S} \qquad (8\text{-}18)$$

đối với rơle tĩnh và số.

I_1, I_2 - dòng vào và dòng ra của đối tượng bảo vệ; S - hệ số nghiêng của đặc tuyến bảo vệ so lệch: $S = tg\alpha$. Đối với rơle cơ phương Tây, $S = 0,1 \div 0,4$, của Liên Xô (cũ): $S = 0,2 \div 0,6$. (hình 8-13); đường I là của rơle điện cơ, đường II là của rơle tĩnh và số. Khi có ngắn mạch trong vùng bảo vệ, vị trí điểm làm việc ở phía trên đặc tuyến: bảo vệ tác động. Khi có ngắn mạch ngoài vùng bảo vệ (thường ở trong vùng gạch chéo), bảo vệ sẽ không tác động.



Hình 8-12. Sơ đồ mắc bảo vệ so lệch máy biến áp với cuộn hãm

Trong trường hợp đối tượng cần bảo vệ có nhiều đầu vào, ra ($n \geq 3$), biểu thức (8-17) và (8-18) có thể viết lại như sau:

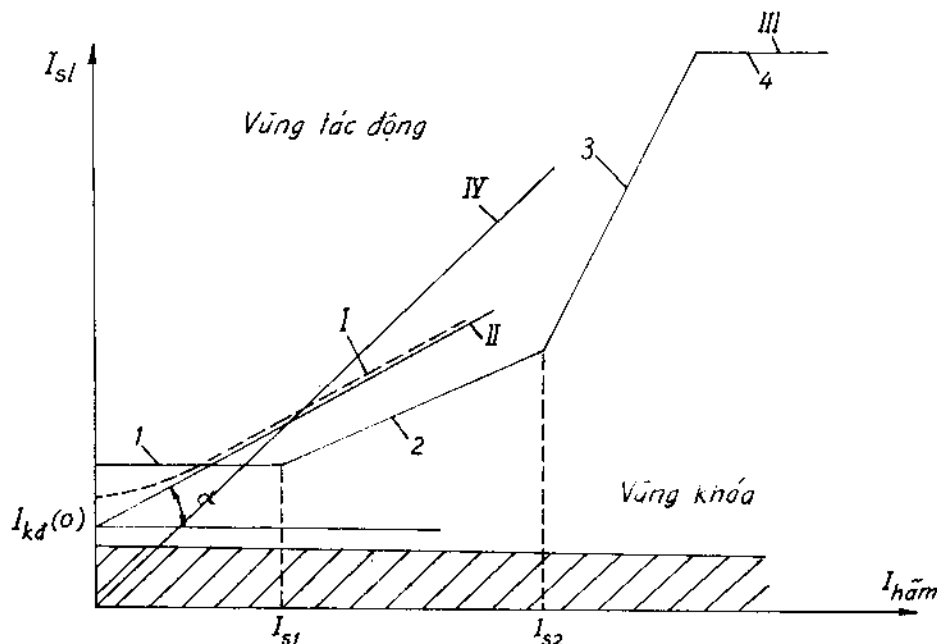
$$\left[\frac{1}{S}\left|\dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dots + \dot{I}_n\right|\right]^p \geq \left[\frac{1}{2}\left(\left|\dot{I}_1\right| + \left|\dot{I}_2\right| + \dots + \left|\dot{I}_n\right|\right)\right]^p + \left[\frac{I_{kd(o)}}{S}\right]^p \qquad (8\text{-}19)$$

$| \; |$ - chỉ biên độ của vectơ dòng;

$|\sum\dot{I}_i|$; $\sum|\dot{I}_i|$ - tương ứng là tổng đại số và tổng hình học của các vectơ dòng;

p có giá trị bằng 1 hoặc 2;

$I_{kđ}(o)$ - giá trị dòng khởi động của bảo vệ tương ứng với điều kiện $I_{hãm} = 0$.



Hình 8-13. Các dạng đặc tuyến của bảo vệ so lệch

Có một điểm cần chú ý, trong các rơle bảo vệ so lệch máy biến áp của Liên Xô (cũ), thường cuộn hãm chỉ được đặt ở một hoặc hai phía (một hoặc hai cấp áp nào đó) của máy biến áp, còn trong các rơle so lệch điện cơ của các nước phương Tây, cuộn hãm được đặt ở tất cả các phía của bảo vệ.

Nếu trong các rơle tĩnh đầu tiên, đặc tuyến là đường thẳng đơn giản như đường II trên hình 8-13, thì ở các rơle số hiện nay có thể cài đặt đặc tuyến thành đường gấp khúc với các độ nghiêng khác nhau và điều chỉnh được với $S = 0,2 \div 1$ (các đoạn *1, 2, 3, 4* của đường III ,với đường IV là tập hợp các điểm làm việc khi có ngắn mạch trong MBA).

Khi đó trong đoạn *1*, điều kiện tác động của rơle là:

$$|\dot{I}_1 + \dot{I}_2| \geq I_{kđ}(o) \qquad (8\text{-}20a)$$

Trên đoạn *2*, điều kiện tác động sẽ là:

$$|\dot{I}_1 + \dot{I}_2| \geq \frac{S_1}{2}(|\dot{I}_1| + |\dot{I}_2| - 2I_{S1}) + I_{kđ}(o) \qquad (8\text{-}20b)$$

Trên đoạn *3*:

$$|\dot{I}_1 + \dot{I}_2| \geq \frac{S_2}{2}[|\dot{I}_1| + |\dot{I}_2| - 2I_{S1}] - (S_2 - S_1)I_{S2} + I_{kđ}(0) \qquad (8\text{-}20c)$$

Ở đây I_{S1} và I_{S2} tương ứng là hoành độ điểm gấp khúc ở đầu đoạn có độ nghiêng là $S1$ và $S2$ và là các giá trị đặt của bảo vệ.

Trong một số rơle so lệch, thí dụ như 7*SA*511 của Siemens, dòng hãm được lấy bằng tổng hình học của tất cả các dòng vào - ra chứ không phải là một nửa giá trị này. Khi đó

trong tất cả vế phải của các biểu thức từ (8-17) đến (8-20) sẽ không có số nhân 1/2.

Các dòng thứ cấp của máy biến dòng chính ở các phía đưa vào rơle không tới các sơ đồ so sánh ngay mà thường phải qua sơ đồ ghép nối trung gian. Ở một số loại rơle, đây có thể là biến dòng bão hòa trung gian có cuộn cân bằng với số vòng dây có thể điều chỉnh được (ДЗТ - 11). Trong một số loại rơle tĩnh (ДЗТ - 21 hoặc 23) sử dụng cuộn tranreactơ cho phép biến đổi trực tiếp dòng điện thành điện áp. Hiện nay, trong các rơle số của một số hãng phương Tây, người ta sử dụng các biến dòng đầu vào (input c.t.) cho phép biến đổi dòng thứ cấp của biến dòng chính (giá trị danh định 1 hoặc 5 A) thành các dòng nhỏ tới cỡ mA phù hợp với dòng làm việc của các vi mạch.

Điều cần phải chú ý là đối với các máy biến áp hai cuộn dây đấu Y - Δ và máy biến áp ba cuộn dây đấu Y - Y - Δ khi sử dụng các rơle bảo vệ so lệch điện cơ, ta cần phải đấu các biến dòng *BI* ở đầu ra *Y* của *MBA* theo sơ đồ Δ và ngược lại, nhằm tránh cho rơle tác động nhầm do thành phần thứ tự không của dòng ngắn mạch ngoài. Đối với rơle số có thể mắc *BI* ở các phía theo sơ đồ *Y*, tuy nhiên bên trong rơle phải cài đặt chức năng khóa dòng thứ tự không.

8.2.2. Xác định tham số đặt cho rơle điện từ bảo vệ so lệch MBA

Trong trường hợp chung, rơle so lệch có khả năng phân biệt khá tốt sự cố ở trong và ngoài vùng bảo vệ, nhất là khi có dòng sự cố tương đối lớn. Vấn đề sẽ khác khi dòng sự cố giảm đi, điểm làm việc gần với gốc tọa độ, đường biên an toàn giữa nó và đặc tuyến tác động sẽ giảm dần đến mức tối thiểu, bảo vệ có thể làm việc không ổn định. Độ tin cậy của bảo vệ khi đó sẽ phụ thuộc vào cách chọn $I_{kd}(o)$ hợp lý hay không. Giá trị này không được phép lớn quá để còn đảm bảo độ nhạy của bảo vệ, đồng thời phải thỏa mãn điều kiện sau:

$$I_{kd}(o) \geq k_{at} \cdot I_{kcb\text{-}tt\text{-}max} \qquad (8\text{-}21)$$

$I_{kcb\text{-}tt\text{-}max}$ - dòng không cân bằng tính toán cực đại xuất hiện khi không có sự cố trong vùng bảo vệ;

k_{at} - hệ số an toàn.

Đối với rơle điện từ bảo vệ máy biến áp, dòng không cân bằng xét về phía sơ cấp [15]:

$$I_{kcb\text{-}tt\text{-}max} = I_{kcbBI} + I_{kcbAU} + I_{kcbn} \qquad (8\text{-}22)$$

trong đó I_{kcbBI} là sai số của biến dòng vì những nguyên nhân sau:

- Sự khác biệt của chủng loại biến dòng, tỉ số biến dòng và dây nối từ biến dòng tới rơle ở hai phía của bảo vệ so lệch.

- Do sự lệch pha giữa các dòng thứ cấp của các máy biến dòng vì sơ đồ nối chúng chưa hợp lý. Thí dụ, trong các cuộn mắc Y - Δ của máy biến áp, để triệt tiêu sự lệch pha này cần phải mắc các biến dòng theo sơ đồ Δ - Y. Cách mắc này cũng cho phép loại trừ được dòng thứ tự không ở cuộn *Y* tương ứng với sự không có dòng thứ tự không ở cuộn Δ và vì vậy giảm dòng không cân bằng do dòng thứ tự không.

I_{kcbAU} - thành phần không cân bằng do việc điều chỉnh các nấc chỉnh áp của máy biến áp có bộ phận điều áp dưới tải.

I_{kcbn} - sai số do việc chọn vòng dây của các cuộn cân bằng w_{cb} (xem phụ lục, hình P3-11 đến P3-19) tại các phía không cơ bản của máy biến áp. Vì số vòng dây là số tự nhiên nên rất khó thực hiện biểu thức sau:

$$W_{cb\text{-}kcb} = \frac{I_{cb}}{I_{kcb}} . W_{cb\text{-}cb} \qquad (8\text{-}23)$$

ở đây:

$W_{cb\text{-}kcb}$ - số vòng dây của cuộn cân bằng của phía không cơ bản;

I_{cb} - dòng danh định thứ cấp của *BI* ở phía cơ bản;

I_{kcb} - dòng danh định thứ cấp của *BI* ở phía không cơ bản;

$W_{cb\text{-}cb}$ - số vòng dây của cuộn cân bằng ở phía cơ bản:

$$W_{cb\text{-}cb} = \frac{F_{kd}}{I_{kd}(o)} \qquad (8\text{-}24)$$

Ở đây F_{kd} - sức từ động khởi động của rơle, là thông số của nhà máy sản xuất (thí dụ đối với rơle *PHT*- 565 và *PHT* - 566, thông số này có giá trị bằng 100 A).

Đối với một số rơle có cuộn hãm, ngoài việc tính số vòng cho cuộn cân bằng, cần phải tính số vòng cho cuộn hãm. Chi tiết có thể tham khảo trong [5, 15].

Ngoài phương pháp xác định dòng khởi động của bảo vệ so lệch máy biến áp qua dòng không cân bằng (phương pháp chủ yếu), cần phải kiểm tra lại giá trị này theo điều kiện của dòng từ hóa đột biến máy biến áp:

$$I_{kd}(o) = I_{kcb\mu} = k_{at} . k_{cl} . I_{dd} \qquad (8\text{-}25)$$

ở đây k - hệ số an toàn ($k = 1 - 1,3$);

k_{cl} - hệ số có lợi, được cho bằng tỉ số giữa công suất điện từ và công suất thông qua của máy biến áp tự ngẫu, đối với máy biến áp $k_{cl} = 1,0$;

I_{dd} - dòng danh định tương ứng với công suất danh định của máy biến áp với nấc chuyển áp của điều áp dưới tải ở vị trí trung gian.

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ so lệch sẽ là giá trị lớn nhất trong hai giá trị này. Chi tiết hơn có thể tham khảo trong [17,20].

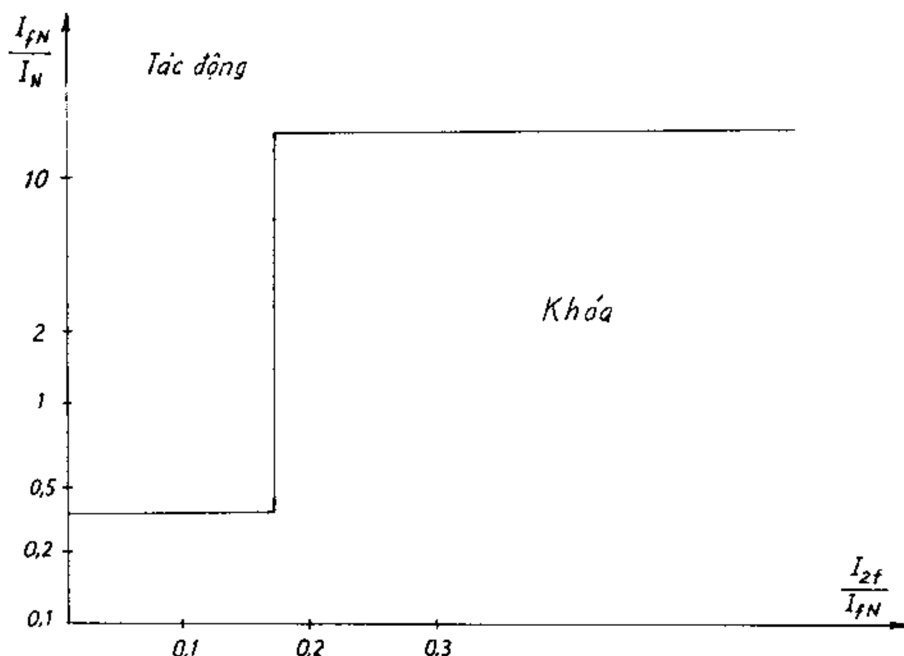
8.3.3. Xác định tham số đặt cho rơle số

Các rơle so lệch số với tốc độ tính toán và thao tác nhanh (<30ms, do có bộ lọc số), có khả năng chỉ phản ứng với thành phần sóng hài 50 Hz nên giá trị dòng khởi động có thể đặt rất thấp (0,2-0,7 I_{dd}) khác với các rơle so lệch điện từ (>1-1,3 I_{dd}). Điều này cho phép giảm thiểu sự tác động nhầm của bảo vệ đối với các chế độ dòng yếu khi điểm làm việc ứng với ngắn mạch bên trong máy biến áp (đường IV, hình 8-13) nằm ở vị trí thấp hơn giá trị khởi động của bảo vệ (đoạn 1). Đây chính là ưu điểm nổi bật của rơle bảo vệ so lệch số so với rơle điện từ.

Trong dòng từ hóa đột biến thường có thành phần sóng hài bậc chẵn (2,4...) chiếm tỉ lệ khá lớn (có thể lên tới 70- 80%), so với thành phần tần số công nghiệp. Khi đó trong dòng sự cố lại không có thành phần này. Nếu trước kia để tránh tác động nhầm, người ta dùng thời gian trễ để rơle tác động chậm hơn thì trong các rơle điện từ sau này người ta dùng cuộn hãm làm việc theo thành phần sóng hài của dòng xung kích từ hóa. Trong các rơle số hiện nay cho phép có thể khóa bảo vệ theo loại sóng hài cũng như tỉ lệ của nó so với thành phần có tần số công nghiệp (I_{fN}) tức dòng so lệch. Trên hình 8- 14 trình bày đặc tuyến của sơ đồ khóa loại này đối với thành phần sóng hài bậc 2 (I_{2f} của dòng xung kích từ hóa khi đóng máy biến áp sử dụng trong rơle *7SA*511 của Siemens [17]. Khi thành phần sóng hài

loại này so với dòng so lệch có tần số 50 Hz vượt quá từ 10 ÷ 80% bảo vệ sẽ bị khóa.

Khi dòng sự cố đạt đến giá trị nào đó, dòng không cân bằng gây ra bởi sự khác biệt giữa các biến dòng điện ở các phía sẽ trở nên rõ rệt: giá trị này sẽ tăng lên khi dòng sự cố tăng lên. Việc chọn giá trị I_{S1} trong (8-20) phụ thuộc vào các *BI* chính hoặc các *BI* trung gian được sử dụng, nếu các biến dòng khác biệt nhau quá lớn cũng như dây dẫn phụ có độ dài chênh lệch nhau lớn, giá trị I_{S1} có thể có giá trị gần bằng 0. Độ nghiêng của đoạn *2* (đường III trên hình 8-13) sẽ phụ thuộc vào độ sai lệch của các phần tử này. Trên hình 8-15 trình bày đặc tính vôn ampe của các biến dòng ở hai đầu *A* và *B* của *MBA*. Ta thấy rằng, đặc tuyến vôn-ampe của các biến dòng có độ nghiêng khác nhau ($\varphi_1 < \varphi_2$) tạo ra sự chênh lệch điện áp đầu ra càng tăng khi dòng sự cố tăng lên. Dòng không cân bằng còn phụ thuộc vào sự sai khác tỷ số biến dòng và điện trở các dây dẫn phụ. Một trong những yếu tố nữa ảnh hưởng đến độ nghiêng của đoạn *2* là việc thay đổi các nấc chỉnh điện áp của *MBA* có bộ phận điều áp dưới tải (*ĐADT*).

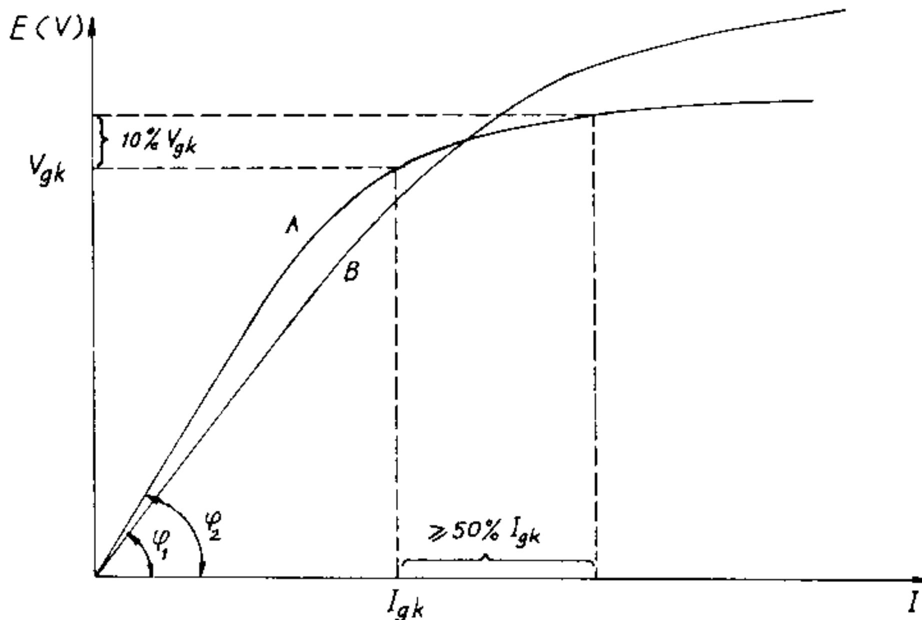


Hình 8-14. Đặc tuyến khóa đối với thành phần sóng hài bậc 2

Giá trị của ngưỡng I_{S2} và độ nghiêng của đoạn *3* phụ thuộc vào sự xuất hiện của các thành phần sóng hài bậc lẻ. Khi dòng sự cố lớn làm cho máy biến áp bị quá kích thích. Việc xác định các giá trị này phụ thuộc vào số liệu thử nghiệm máy biến áp của nhà máy hoặc theo kinh nghiệm. Độ nghiêng của đoạn *3* còn phụ thuộc vào sự khác biệt của đặc tuyến bão hòa các máy biến dòng các phía *MBA*. Đó là đoạn tương ứng với giá trị điện áp lớn hơn điện áp của đoạn gấp khúc V_{gk} (xem mục 8.2.5). Đoạn *4* tương ứng với tác dụng hãm của các thành phần sóng hài trong bảo vệ khi giá trị dòng vào quá lớn.

Trên hình 8-16 giới thiệu phương pháp xác định đặc tuyến bảo vệ của rơle so lệch *MBA* suy từ các thành phần của dòng không cân bằng khi tăng dòng sự cố.

Đường *1* ứng với thành phần không cân bằng do dòng xung kích. Đường *2* tương ứng với sai số do các máy biến dòng và nấc chuyển áp của *DADT*. Đường *3* tương ứng với sai số do thành phần sóng hài bậc 5 và đặc tuyến bão hòa của các *BI*. Đường *4* biểu diễn dòng không cân bằng tổng và đường *5* là đặc tuyến đặt của bảo vệ.



Hình 8-15. Đặc tuyến vôn-ampe của biến dòng

8.2.4. Một số biện pháp nâng cao độ tin cậy của bảo vệ so lệch máy biến áp

Một số biện pháp nâng cao độ tin cậy của bảo vệ so lệch máy biến áp đã được trình bày trong [3]. Ở đây giới thiệu chi tiết hơn một số nét trong các biện pháp này cũng như thêm một vài biện pháp bổ sung khác.

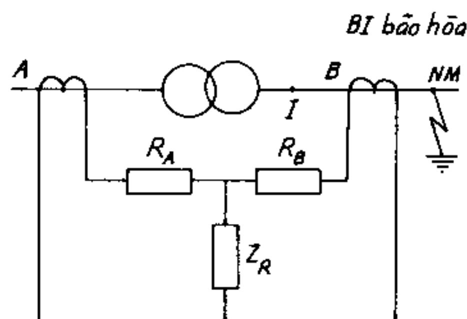
a. Việc mắc điện trở R_R vào tổng trở Z_R của rơle (hình 8-16) được dùng trong các rơle tổng trở cao để nhằm mục đích giảm dòng chạy qua rơle. Thực vậy trong trường hợp cực đại, nghĩa là khi có ngắn mạch ngoài và biến dòng một phía bị bão hòa, thí dụ như biến dòng phía *B* với tổng trở trong R_B và dòng bão hòa qua nó I_B, thì dòng điện qua rơle sẽ bằng:

$$I_R = \frac{I_B . R_B}{R_R} = \frac{\text{const}}{R_R} \tag{8-26}$$

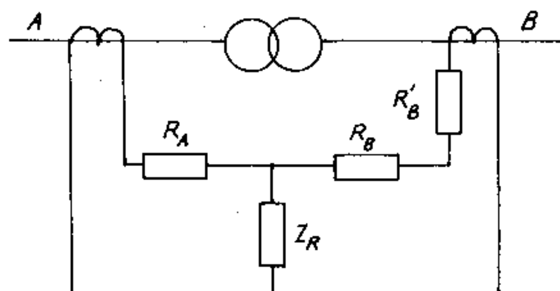
Vì vậy khi R_R càng cao, dòng I_R sẽ càng giảm. Giá trị I_R ở đây chính là dòng không cân bằng chạy qua rơle khi có ngắn mạch ngoài. Có thể điều chỉnh R_R sao cho dòng này nhỏ hơn giá trị tác động của rơle.

b. Điều chỉnh điện trở dây nối biến dòng: khi độ dài dây nối biến dòng ở hai đầu khác nhau hoặc điện trở trong của chúng khác nhau, tổng trở của hai biến dòng *A* và *B* sẽ khác nhau với góc $\varphi_1 < \varphi_2$ (hình 8-15).

Khi đó người ta cần bổ sung điện trở phụ R'_B (hình 8-17) ở phía có tổng trở thấp hơn (đầu B với góc φ_2) sao cho góc $\varphi_1 = \varphi_2$. Sự phù hợp điện trở này chỉ có tác dụng khi có dòng sự cố nhỏ (đặc tuyến ở dạng thẳng). Khi dòng sự cố lớn, xuất hiện đường cong bão hòa, biện



Hình 8-16.



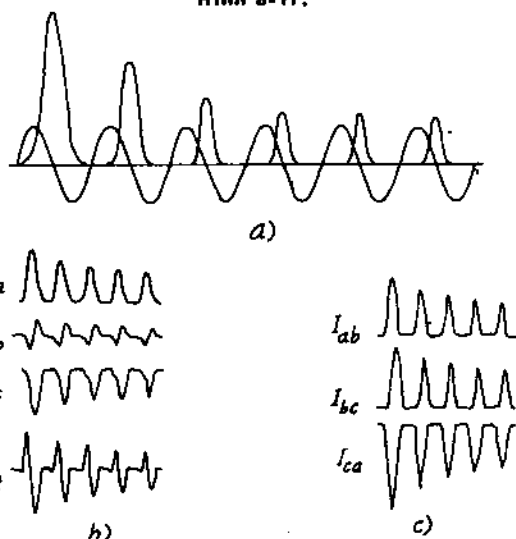
Hình 8-17.

pháp phù hợp điện trở sẽ không có tác dụng.

c. Giảm dòng không cân bằng do dòng xung kích từ hóa:

Khi đóng nguồn máy biến áp (*MBA*), dòng xung kích từ hóa chỉ có ở phía cuộn nguồn của nó nên dòng so lệch xuất hiện có thể khởi động rơle. Để giải quyết hiện tượng này người ta áp dụng một số biện pháp sau:

- Loại bỏ các sóng hài bậc chẵn: được thực hiện bằng cách dùng bộ lọc và cầu nắn dòng. Khi phần thép của *MBA* bị bão hòa từ dạng hình sin của dòng bị biến dạng mạnh (hình 8-18a). Biên độ của các sóng hài so với thành phần cơ bản (100%) trong một vài trường hợp như sau:



Hình 8-18. Dạng sóng của dòng xung kích từ hóa.
a. Dòng lý thuyết (1 - dòng xung kích; 2 - điện áp);
b. Dòng thực tế trong cuộn Y của MBA;
c. Dòng thực tế trong cuộn D của MBA.

Bảng 8-2. **Biên độ sóng hài trong dòng xung kích từ hóa điển hình [20]**

Thành phần	Một chiều	Bậc 2	Bậc 3	Bậc 4	Bậc 5	Bậc 6	Bậc 7
Giá trị điển hình	55%	63%	26,8%	5,1%	4,1%	3,7%	2,4%

Thành phần một chiều thường dao động từ 40 đến 60%, thành phần sóng hài bậc 2 từ 30 đến 70%, thành phần bậc 3 từ 10 đến 30%. Các sóng hài khác có giá trị nhỏ. Như đã nói, sóng hài bậc 3 và bội của nó không xuất hiện ở phía thứ cấp *BI* do chúng được cân bằng trong các cuộn Δ của *MBA* hoặc cách mắc Δ của các *BI* ở phía *Y* của *MBA*.

- Hãm sóng hài: cách tương đối phổ cập là lọc và nắn dòng toàn bộ thành phần sóng hài và bổ sung chúng vào cuộn hãm (rơle điện từ) hoặc vào dòng hãm (rơle số). Muốn vậy người ta sử dụng bộ lọc tần số cơ bản 50 Hz, chỉ để cho nó đi tới cuộn làm việc. Rơle được chỉnh sao cho nó không tác động nếu thành phần sóng hài bậc 2 vượt quá, thí dụ 17% dòng làm việc (thành phần cơ bản) (hình 8-14).

- Khóa sóng hài: sử dụng mạch hoặc rơle riêng biệt để khóa rơle chính khi sóng hài bậc 2 vượt quá 15-17% thành phần cơ bản. Tương tự như phương pháp hãm sóng hài.

- Khóa sử dụng mạch cộng hưởng: người ta sử dụng mạch cộng hưởng tần số 100 Hz để làm nhiệm vụ khóa.

- Sơ đồ hãm dùng thành phần một chiều: tương tự như hãm dùng sóng hài, song ở đây chỉ dùng thành phần một chiều.

8.2.5. Rơle bảo vệ so lệch đường dây [18,21]

Đặc tuyến của rơle bảo vệ so lệch dọc đường dây gần tương tự như đặc tuyến của rơle bảo vệ so lệch máy biến áp (hình 8-13). Rơle trước khác với rơle sau ở một số nét cơ bản sau:

- Chúng không có sơ đồ lọc các sóng hài bậc cao chống dòng xung kích từ hóa do đó không thể dùng cho bảo vệ so lệch *MBA*.

- Chúng thường làm việc kết hợp với các thiết bị thông tin như tải ba, vi ba, cáp quang để nhận và gửi các tín hiệu về dòng ở các phía khác nhau của đường dây.

- Giá trị dòng khởi động $I_{kd}(o)$ được chọn theo hai điều kiện sau:

$$I_{kd}(o) = 2,5\ I_c \qquad (8\text{-}27)$$

hoặc:

$$I_{kd}(o) = k_{at}.I_{kcb\text{-}tt\text{-}max} \qquad (8\text{-}28)$$

ở đây I_c là dòng dung kháng khi đóng mạch đường dây. Giá trị được chọn sẽ là giá trị lớn nhất trong hai biểu thức trên.

- Đặc tuyến của rơle thường có hai đoạn với các góc nghiêng khác nhau gần giống đoạn *2* và *3* trên hình 8-13. Đoạn thứ nhất ứng với sự thay đổi của dòng dung kháng khi có quá áp hệ thống hoặc khi có ngắn mạch ngoài. Đoạn thứ hai tương ứng với sai số của các biến dòng điện ở hai đầu đường dây, mà giá trị lớn nhất là do hiện tượng bão hòa các biến dòng này. Để giảm sai số người ta sử dụng những biến dòng ít bão hòa trong các bảo vệ so lệch. Thí dụ trong rơle *LFCB*102 (hãng *GEC-ALSTHOM*) có sử dụng biến dòng theo tiêu chuẩn của Anh BS3938 nhóm *X* có điện áp bão hòa rất lớn:

$$V_{gk} \geq 85\ (R_{BI} + 2R_{dây})$$

ở đây $R_{dây}$ - điện trở dây dẫn nối giữa *BI* và rơle;

R_{BI} - điện trở trong của *BI*;

V_{gk} - điện áp tại điểm gấp khúc (hình 8-15), với áp vượt giá trị đó, *BI* trở nên bão hòa. Theo định nghĩa, điểm gấp khúc trên đặc tuyến vôn-ampe của *BI* là điểm mà để tăng điện áp thứ cấp của nó thêm 10%, cần phải tăng dòng thêm 50% nữa (hình 8-15).

Các bảo vệ quá dòng bình thường có thể sử dụng các biến dòng có độ bão hòa cao hơn, thí dụ theo tiêu chuẩn BS3938 nhóm 5P và 10P.

8.3. RƠLE BẢO VỆ KHOẢNG CÁCH

8.3.1. Bộ phận phát hiện sự cố

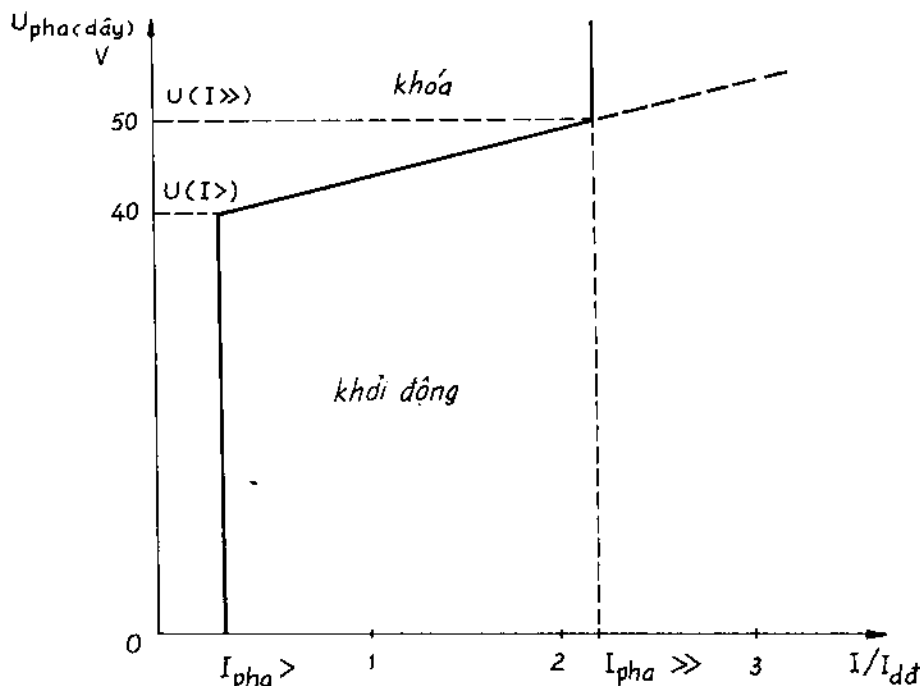
Nếu các bảo vệ quá dòng trong một số trường hợp như dạng lưới mạch vòng có khả năng chọn lọc kém thì bảo vệ khoảng cách với khả năng định hướng và thao tác tốt không phụ thuộc vào dòng sự cố. Trong trường hợp chung, rơle khoảng cách sẽ tác động khi tổng trở đường dây Z mà rơle đo được nhỏ hơn giá trị đặt:

$$Z = \frac{U}{I} < Z_{đặt} \qquad (8\text{-}29)$$

Tuy nhiên một mình rơle tổng trở không phải là toàn bộ bảo vệ khoảng cách. Ngoài việc thỏa mãn điều kiện (8-29) rơle chỉ tác động khi bộ phận phát hiện sự cố phụ trợ phát tín hiệu xác định có sự cố xảy ra. Bộ phận này trong các rơle khác nhau có nguyên tắc làm việc khác nhau, cụ thể là:

Bộ phận phát hiện sự cố theo dòng giám sát: Nếu dòng làm việc lớn hơn giá trị dòng giám sát (trong trường hợp chung đặt bằng 0,6 dòng ngắn mạch nhỏ nhất), bộ phận phát hiện sự cố sẽ cho phép bảo vệ khoảng cách tác động, trường hợp ngược lại thì khóa, cho dù tổng trở đường dây có thỏa mãn điều kiện (8-29). Điều này để tránh bảo vệ cắt nhầm trong trường hợp có hư hỏng trong mạch áp của rơle lấy từ biến điện áp.

Bộ phận phát hiện sự cố theo tổng trở: Đó là biến thái khác của bộ phận phát hiện sự cố theo dòng giám sát. Ở đây tổng trở hệ thống dùng để giám sát có thể được lấy bằng 80% tổng trở cực đại của tải. Đặc tuyến của bộ phận phát hiện sự cố tương tự và trùm lên đặc tuyến khoảng cách vùng, bộ phận trên được khởi động khi dòng một trong các pha vượt quá



Hình 8-19. Đặc tuyến phần tử phát hiện sự cố có kiểm tra điện áp

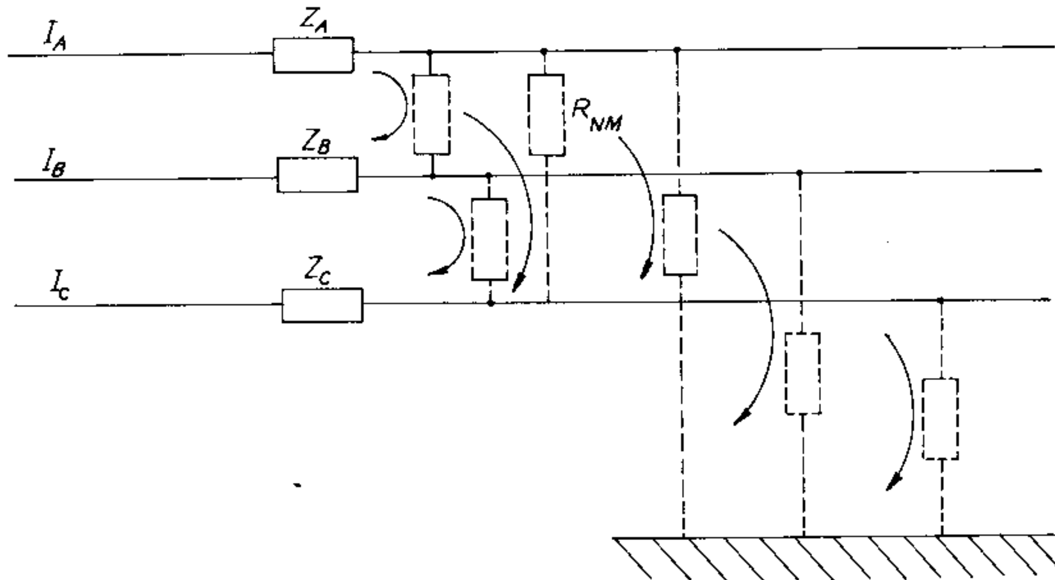
giá trị tối thiểu nào đó, thí dụ 1,2 lần dòng tải cực đại.

Bộ phận phát hiện sự cố có kiểm tra điện áp dặt trên các pha: Nếu trong các trường hợp trên việc xác định tổng trở đường dây được thực hiện thông qua đo áp trên cực rơle so với điểm 0 giả tưởng thì trong trường hợp này áp đo để kiểm tra có thể là áp pha hoặc áp dây tùy theo sơ đồ lưới có hay không có điểm trung tính nối đất. Đặc tuyến của bộ phận phát hiện sự cố có kiểm tra áp sử dụng trong rơle khoảng cách 7SA511 của Siemens được trình bày trên hình 8-19.

Các điện áp trên được đo trong miền làm việc của bộ phát hiện sự cố từ giá trị quá dòng pha ngưỡng thấp $I_{pha} >$ và quá dòng pha ngưỡng cao $I_{pha} >>$ theo đường đặc tuyến có độ nghiêng tỉ lệ với tổng trở đường dây. Các điểm phía trên đặc tuyến này tương ứng với sự khóa phần tử phát hiện sự cố, còn phía dưới đặc tuyến - khi phần tử này phát tín hiệu có sự cố pha-pha hay pha-đất. Loại sự cố phát hiện được phụ thuộc vào điện áp được đo, vào việc đặt phần tử phát hiện sự cố pha-pha hay pha-đất trong bảo vệ, và cuối cùng, vào việc phần tử phát hiện dòng hoặc áp thứ tự không (bộ phận độc lập) có khởi động hay không. Điều dễ thấy trên đồ thị đặc tuyến là khi dòng pha nhỏ hơn I_{pha} mà điện áp đo được tụt xuống 0 thì phần tử phát hiện sự cố có kiểm tra áp vẫn không làm việc. Như vậy, đây là loại phần tử phát hiện sự cố tương đối toàn diện và phức tạp vì kết hợp được cả nguyên tắc quá dòng và tổng trở.

8.3.2. Các mạch vòng đo lường tổng trở [17, 25]

Như ta đã biết, nguyên lý của rơle khoảng cách là đo lường tổng trở của đường dây và so sánh nó với một đặc tuyến có dạng cho trước. Đối với các dạng sự cố khác nhau, trong



Hình 8-20. Sáu mạch vòng đo lường tổng trở.

các bảo vệ khoảng cách cổ điển, thao tác so sánh này được thực hiện riêng rẽ bởi các rơle đặt trên các pha khác nhau. Hiện nay các chức năng này đã được cài đặt trong một rơle. Rơle số kiểu này cho phép đồng thời xác định tổng trở đường dây theo sáu mạch vòng đo lường khác nhau và so sánh kết quả với các giá trị cho trước. Sáu mạch vòng đó là pha A - đất, pha B- đất, pha C- đất, pha A - pha B, pha B - pha C và pha C - pha A (hình 8-20).

R_{NM} trong hình 8-20 chỉ chung điện trở sự cố giữa các pha với nhau hoặc các pha với đất, nó có thể có giá trị khác nhau trong từng trường hợp. Các tổng trở dây pha $Z_A = Z_B = Z_C = Z_{1dây}$, với $Z_{1dây}$ là tổng trở thứ tự thuận của dây trên không từ chỗ đặt rơle cho đến điểm có sự cố. Các công thức tính tổng số dây do rơle thực hiện đối với các mạch vòng đo lường khác nhau được trình bày trên bảng 8-3, trong đó:

V_A, V_B, V_C - điện áp các pha đo tại điểm đặt rơle;

k_0 - hệ số chỉ phụ thuộc vào kiểu đường dây trên không và không phụ thuộc vào khoảng cách : $k_0 = (Z_{0dây} - Z_{1dây})/(3Z_{1dây})$

$I_r = 3I_0$ - dòng tổng ba pha đo tại điểm đặt rơle.

Bảng 8-3.

Mạch vòng đo lường	Biểu thức tổng trở
Pha A - Đất	$V_A/(I_A + k_0I_r)$
Pha B - Đất	$V_B/(I_B + k_0I_r)$
Pha C - Đất	$V_C/(I_C + k_0I_r)$
Pha A - Pha B	$(V_A - V_B)/(I_A - I_B)$
Pha B - Pha C	$(V_B - V_C)/(I_B - I_C)$
Pha C - Pha A	$(V_C - V_A)/(I_C - I_A)$

Trong trường hợp chạm đất qua tổng trở sự cố, tổng trở đường dây mà rơle đo được qua mạch vòng pha - đất, thí dụ đối với sự cố tại pha A, sẽ là:

$$Z = Z_A + R_{NM} \cdot I_{NM}/(I_A + k_0I_r) \qquad (8\text{-}30)$$

với I_{NM} là dòng chạy qua tổng trở sự cố. Dòng này về giá trị sẽ bằng dòng ngắn mạch chạy trên dây pha qua chỗ đặt rơle trong trường hợp một nguồn cung cấp (tức I_A). Trong trường hợp đường dây có hai nguồn cung cấp, dòng này sẽ bằng tổng hai dòng ngắn mạch từ phía hai đầu dây tới. Trong trường hợp ngắn mạch pha-pha qua tổng trở sự cố, tổng trở đường dây mà rơle đo được sẽ là:

$$Z = Z_A + \frac{1}{2} R_{Nn} \qquad (8\text{-}30')$$

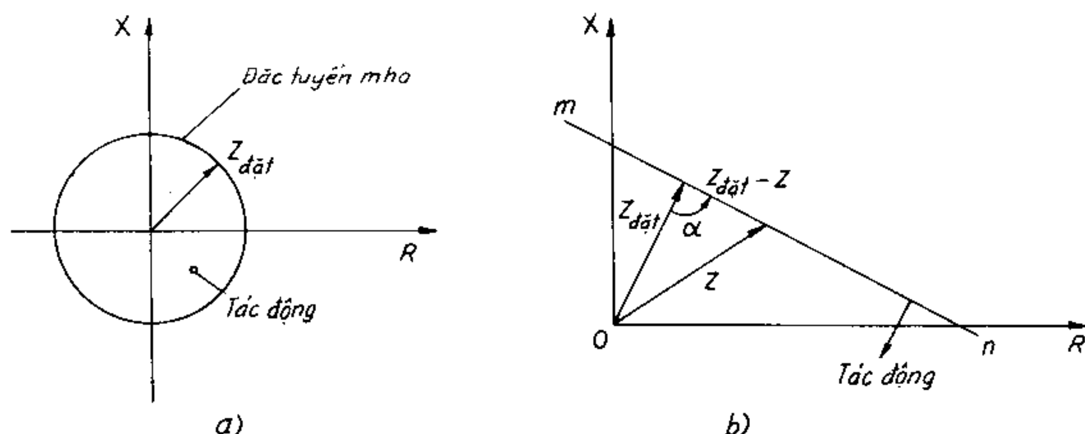
Khi đó tổng trở sự cố sẽ được chia đều cho hai pha.

8.3.3. Đặc tuyến của rơle khoảng cách [20]

Hình dạng của đặc tuyến khoảng cách rất đa dạng, có thể là đường thẳng qua hoặc không qua gốc tọa độ, đường tròn có tâm là gốc tọa độ, đường tròn đi qua gốc tọa độ hoặc các dạng hình học phức tạp khác. Trong các rơle khoảng cách điện cơ, đặc tuyến đường thẳng và hình tròn thường được sử dụng vì ở đây chỉ dùng một sơ đồ so sánh (comparatơ) theo góc pha hay theo giá trị tuyệt đối. Đối với rơle số nơi có thể áp dụng nhiều sơ đồ so sánh, đặc tuyến có thể có dạng đa giác. Thí dụ trong rơle khoảng cách 7SA511 của

Siemens, phải dùng từ 10 đến 12 sơ đồ so sánh trong đặc tuyến khoảng cách đa giác.

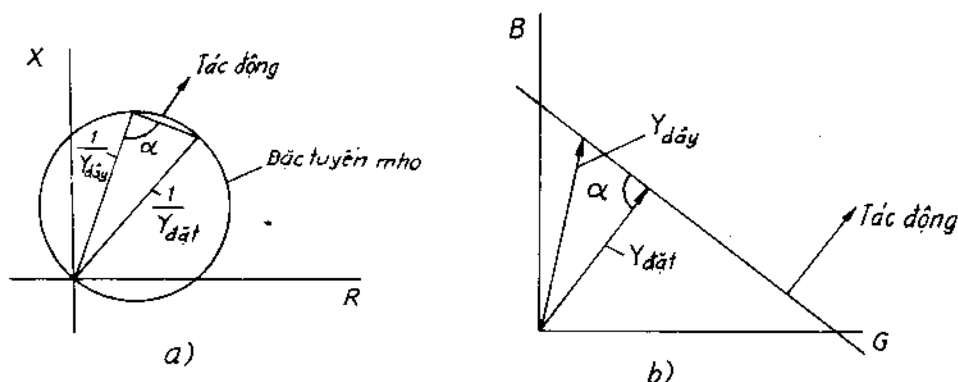
Hình dạng đặc tuyến phụ thuộc vào kiểu đại lượng cần đo lường (tổng trở hay độ dẫn nạp của đường dây), kiểu sơ đồ so sánh (góc pha hay giá trị tuyệt đối), dạng mặt phẳng đồ



Hình 8-21. Đặc tuyến tổng trở trong các sơ đồ so sánh theo giá trị tuyệt đối (a) và pha (b)

thị (áp, dòng, tổng trở hay độ dẫn nạp v.v...). Thí dụ đặc tuyến tổng trở của sơ đồ so sánh giá trị tuyệt đối vẽ trên mặt phẳng tổng trở sẽ là một đường tròn tâm gốc tọa độ bán kính $Z_{đặt}$ (hình 8-21a), nhưng nếu của sơ đồ so sánh góc pha (góc α giữa vectơ $Z_{đặt}$ và vectơ $Z_{đặt}$ - Z hình 8-21b) thì là một đường thẳng (đường mn).

Tương tự như vậy, đặc tuyến độ dẫn nạp Y của đường dây cần bảo vệ vẽ trên mặt phẳng tổng trở Z và mặt phẳng độ dẫn nạp Y sẽ tương ứng là hình tròn và đường thẳng (hình 8-22). Ở đây $Y_{đặt}$ là giá trị đặt của rơle độ dẫn nạp. Trên hình 8-22a đặc tuyến rơle loại này vẽ trên mặt phẳng tổng trở là một đường tròn đi qua gốc tọa độ. Trái với đặc tuyến tổng trở (hình 8-21a), đặc tuyến này có định hướng. Vì đây là rơle độ dẫn nạp nên để phân

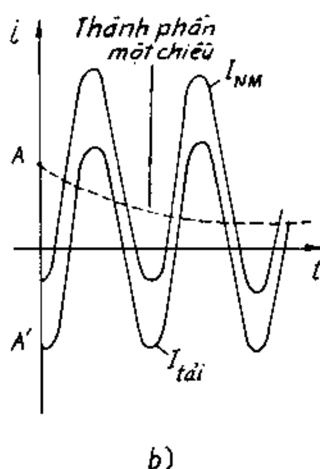


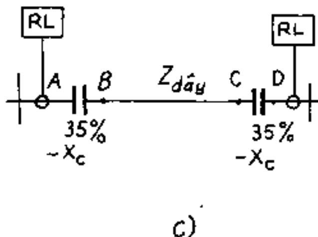
Hình 8-22. Đặc tuyến độ dẫn nạp đường dây trên các mặt phẳng khác nhau
a. Mặt phẳng tổng trở; b. Mặt phẳng độ dẫn nạp

biệt với đặc tuyến tổng trở toàn phần *ohm*, ban đầu người ta gọi ngược lại là đặc tuyến *mho*. Sau này người ta gọi chung các đặc tuyến hình tròn có định hướng là các đặc tuyến *mho* (thí dụ như rơle tổng trở có hướng).

8.3.4. Các điểm làm việc của đặc tuyến khoảng cách

Đặc tuyến khoảng cách có thể được chia làm 3 miền (hình 8-23a):





Hình 8-23.

- Miền thứ nhất tương ứng với tổng trở bình thường của đường dây với $X > 0$, $R > 0$. Khi sự cố xẩy ra trên đường dây, tọa độ điểm làm việc có thể di chuyển từ điểm N'_1 (tương ứng với tổng trở tải) đến điểm N_1 nằm trên phương có độ nhậy cực đại của rơle khoảng cách.

- Miền thứ hai tương ứng với $X < 0$, $R > 0$. Điều này xảy ra khi trên đường dây có sử dụng các tụ bù dọc (hình 8-23c). Tùy theo kiểu bù mà tổng trở sự cố của đường dây có thể tạo thành các hình gấp khúc (*ABCD* trên hình 8-23a) trong đó có đoạn với giá trị $X < 0$.

- Miền thứ ba tương ứng với $X > 0$, $R < 0$. Khác với các trường hợp trước, điểm làm việc của rơle tổng trở chỉ rơi vào miền này trong chế độ quá độ khi có ngắn mạch. Biên độ *A* của thành phần không xoay chiều trong dòng ngắn mạch (hình 8-23b) phụ thuộc vào biên độ *A'* của dòng tải $I_{tải}$ vào thời điểm có sự cố, với $A = -A'$. Như vậy nếu $A' > 0$ thì $A < 0$. Khi đó tồn tại dòng một chiều chạy từ chỗ có sự cố tới chỗ đặt rơle và thành phần hiệu dụng của tổng trở sự cố do rơle đo được có thể có giá trị âm. Khi thành phần một chiều này suy biến theo thời gian, điểm tổng trở sẽ thay đổi, thí dụ từ điểm N'_2 di chuyển đến điểm N_2 (hình 8-23a).

8.3.5. Ảnh hưởng của tổng trở sự cố và cách khắc phục [17,20]

Tổng trở sự cố được tạo bởi điện trở hồ quang, điện trở tiếp xúc v.v... tại chỗ ngắn mạch. Nếu không xét đến góc của tổng trở tải thì tổng trở sự cố có thể coi là thuần trở

(hình 8-24a). Trong trường hợp sự cố pha-pha, điện trở hồ quang có thể tính theo công thức sau (công thức Warrington trong hệ *SI*) [20]:

$$R_{hq} = \frac{28700(S + ut)}{I_{NM}^{1,4}} \qquad (8\text{-}31)$$

ở đây S - khoảng cách tương đương giữa các dây pha (m), đối với cáp ba pha trên không: $S = \sqrt[3]{l_1.l_2.l_3}$, với l_i là khoảng cách giữa các dây pha.

u - vận tốc gió (m/s);

t - thời gian cắt ngắn mạch (s);

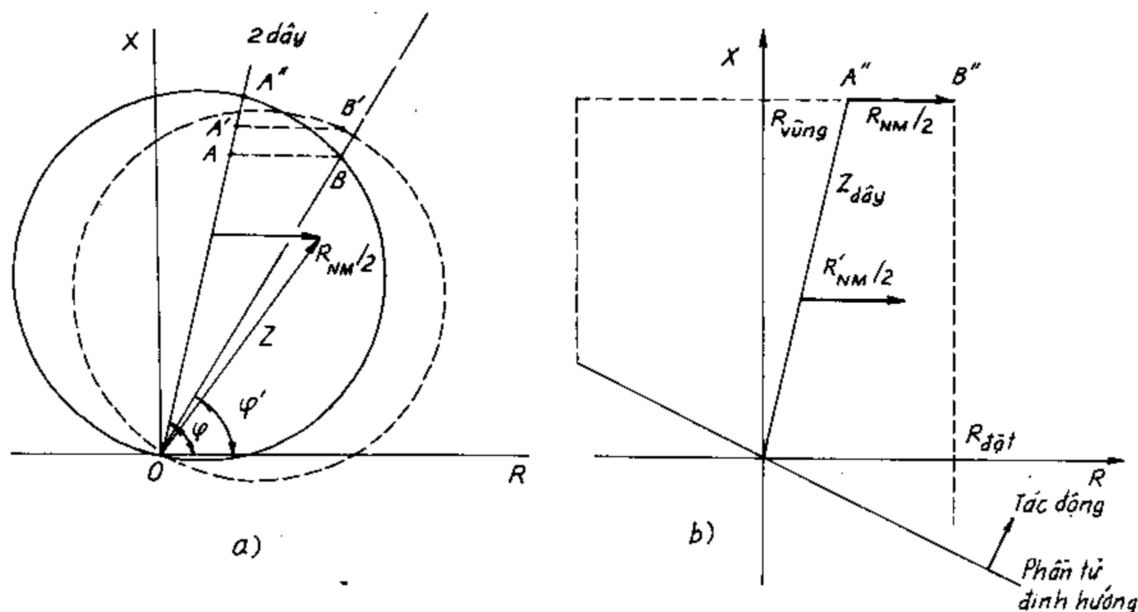
I_{NM} - dòng ngắn mạch chạy qua hồ quang (A).

Công thức (8-31) được áp dụng rộng rãi ở Anh, Mỹ. Ở CHLB Đức người ta thường dùng công thức tính tổng trở sự cố như sau [33]:

$$R_{hq} = 2500.S/I_{NM}$$

Hoặc ở Nga: $$R_{hq} = 1050.S/I_{NM}$$

Tác giả [20] cho rằng, sở dĩ nhận được các biểu thức tính R_{hq} thấp hơn so với (8-31) có thể là do điều kiện thực nghiệm chưa hoàn toàn giống với thực tế. Thí dụ, nếu thanh dẫn tạo hồ quang bằng đồng hay nhôm, thì khi có hồ quang, đám hơi kim loại sẽ hạ thấp tổng trở hồ quang xuống rõ rệt. Trong trường hợp này cần sử dụng vật liệu sắt nguyên chất vì khi có nhiệt độ cao sắt sẽ tạo thành các hạt nhỏ li ti bắn ra các phía, như vậy điều kiện hồ quang sẽ giống với thực tế hơn.



Hình 8-24. Đồ thị vectơ tổng trở sự cố pha-pha.

Đối với các sự cố cuối vùng khoảng cách, tổng trở sự cố $R_{NM} = R_{hq}$ có thể khiến cho tổng trở đường dây Z đo bởi rơle rơi ra ngoài vùng khoảng cách. Tuy điều này không gây tác động sai đối với rơle nhiều vùng khoảng cách, song thời gian cắt sự cố sẽ bị tăng lên đáng kể. Khoảng cách thực tế của vùng khi đó chỉ bằng OA thay vì OA'' (hình 8-24a).

Để tăng vùng khoảng cách thực tế, đối với các đặc tuyến hình tròn *(mho)*, người ta đặt góc có độ nhậy cực đại không phải theo góc tổng trở đường dây (góc φ) mà theo góc φ' tạo bởi vectơ tổng trở thực tế *OB* tại đầu mút của vùng khoảng cách thực tế (*AB* là tổng trở sự cố). Khi đó vùng khoảng cách có thể tăng thêm một đoạn là *AA'*.

Vùng hụt *AA''* luôn luôn tồn tại ở các rơle có đặc tuyến khoảng cách hình tròn kiểu *mho*, nơi chỉ sử dụng một sơ đồ so sánh. Để giải quyết vấn đề này, trong các rơle số, người ta thường sử dụng các đặc tuyến tứ giác có ít nhất 4 phần tử so sánh trở lên (hình 8-24b). Ở đây, giá trị đặt theo trục *R* của đặc tuyến cần thỏa mãn điều kiện:

$$R_{\text{đặt}} \geq R_{\text{vùng}} + \frac{1}{2} R_{\text{hq}} \qquad (8\text{-}32)$$

với $R_{\text{vùng}}$- thành phần thuần trở của vùng *khoảng cách pha* đường dây;

R_{hq} - điện trở hồ quang tại điểm cuối cùng của vùng (thường là cực đại, vì tỉ lệ nghịch với dòng ngắn mạch).

Như vậy, với mọi giá trị tổng trở sự cố, tổng trở đo được của rơle sẽ không rơi ra ngoài đặc tuyến khoảng cách.

Đối với đặc tuyến tứ giác *khoảng cách đất* do ngắn mạch chạm đất thường xảy ra đối với sứ của cột, biểu thức (8-32) có dạng như sau:

$$R_{\text{đặt}} \geq R_{\text{vùng}} + R_{\text{hq}} + R_{\text{cc}} \qquad (8\text{-}33)$$

với R_{cc} - thành phần tổng trở sự cố, xác định bởi điện trở nối đất ở chân cột (cc), thường có giá trị từ 10 đến 30 Ω.

R_{hq} - điện trở hồ quang, có giá trị nhỏ vì độ dài hồ quang không lớn.

Khi đó, các giá trị đặt trở kháng vùng *X* đặt của đặc tuyến khoảng cách tứ giác chỉ cần xác định theo trở kháng của đường dây tùy theo độ dài mỗi vùng và không phụ thuộc vào tổng trở sự cố.

Chương 9

CÁC PHẦN TỬ THỜI GIAN

Hiện nay các phần tử thời gian dùng trong các thiết bị tự động ngành điện lực nước ta tương đối đa dạng về chủng loại và nguyên lý làm việc. Có loại được chế tạo với công nghệ tiên tiến, song cũng có loại hoạt động theo nguyên tắc đã rất lạc hậu. Trong chương này sẽ lần lượt giới thiệu một số dạng phần tử thời gian đã và đang được dùng trong hệ thống điện. Để dễ phân biệt về trình độ công nghệ, ở đây các phần tử này được phân loại thành hai nhóm: nhóm thế hệ các phần tử từ trước năm 1960 và nhóm thế hệ từ sau năm 1960.

9.1. PHÂN LOẠI CÁC PHẦN TỬ THỜI GIAN THUỘC THẾ HỆ CÔNG NGHỆ CŨ

Nhóm này tương đối đa dạng về chủng loại. Chúng sử dụng các nguyên tắc sau:

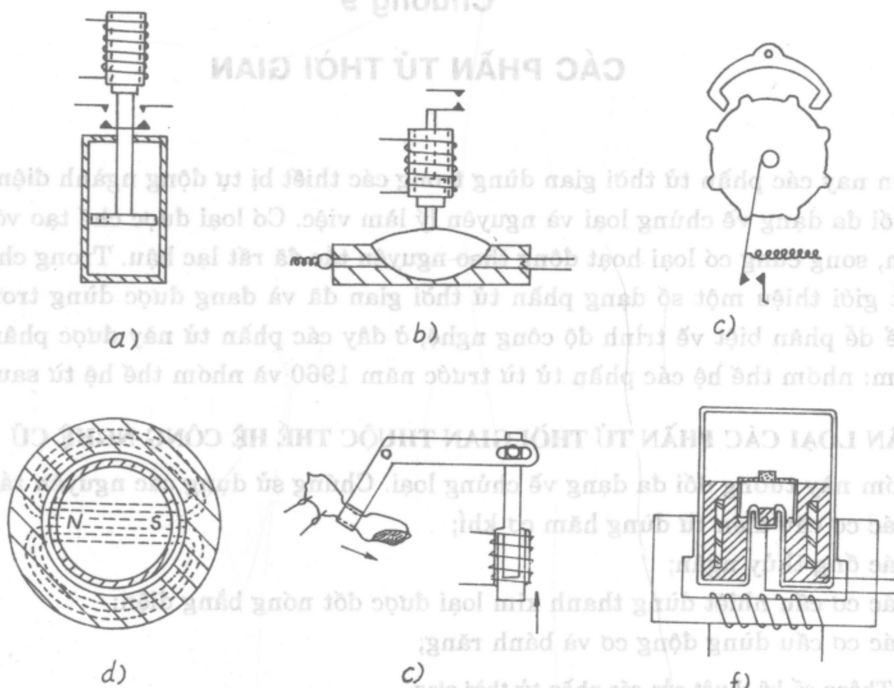
- Các cơ cấu điện từ dùng hãm cơ khí;
- Các ống thủy ngân;
- Các cơ cấu nhiệt dùng thanh kim loại được đốt nóng bằng điện;
- Các cơ cấu dùng động cơ và bánh răng;

Bảng 9-1. **Thông số kỹ thuật của các phần tử thời gian**

Kiểu	Miền điều chỉnh	Thời gian đặt lớn nhất	Độ chính xác	Hình vẽ
Cơ khí (hình 9-1)				
Bộ hãm dầu	20-1	60 s	10%	a
Bộ hãm khí	100-1	200 s	10%	b
Bộ nhả bánh răng	10-1	120 s	5%	c
Ống hãm từ	15-1	120 s	5%	d
Bộ chỉnh tốc độ bằng ma sát	10-1	10 s	5%	g
Ống thủy ngân	không	50 s	10%	e
Bộ hãm thủy ngân	không	500 s	5%	f
Động cơ đồng bộ	10-1	không giới hạn	1 vòng	h
Điện (hình 9-2)				
Vòng điện từ	10-1	4 sec	5%	a
Tụ (một chiều)	10-1	2 s tác động 30 s giải trừ	5%	b
Tụ (xoay chiều)	10-1	5 s tác động 50 s giải trừ	10%	c
Đèn sợi đốt	không	0,5 s	10%	d
Mạch cộng hưởng	không	0,05 s	10%	e
Điện tử bán dẫn (hình 9-3)				
Bóng điện tử	20-1	60 s	5%	a
Điôt bán dẫn	10-1	8 s	7%	b
Tranzito	10-1	60 s	5%	c

- Các mạch điện chứa cuộn cảm và điện trở phi tuyến
- Các mạch điện tử và bán dẫn.

Bảng 9- 1 giới thiệu các thông số kỹ thuật của các phần tử thời gian loại này.



g) h)

Hình 9-1. Các phần tử thời gian cơ khí và điện tử

9.2. CÁC BỘ HÃM CƠ KHÍ

Các cuộn hút dòng một chiều hay xoay chiều điều khiển khép tiếp điểm trực tiếp hay qua thanh đàn hồi chống lại tác động hãm của các cơ cấu hãm bằng dầu, khí, lực quán tính, bộ nhả bánh răng hay ống cảm ứng từ. Thanh đàn hồi cung cấp lực tác động không phụ thuộc vào sự thay đổi lực hút cuộn dây do sự cố biến động về áp lực và nhiệt độ.

a. Bộ hãm dầu (hình 9-1a) thực chất là một pittông chuyển động bằng lực hút điện từ

được làm chậm bằng dầu. Thời gian làm chậm phụ thuộc vào lượng dầu di chuyển qua lỗ đặt trên pittông. Khi cần thời gian giải trừ nhanh, người ta sử dụng van cho phép mở to lỗ khi pittông trở về.

b. Bộ hãm khí (hình 9-1b) thường sử dụng xiphông da hay caosu cho phép nén khí khi cuộn hút làm việc. Thời gian trễ được điều chỉnh bởi van lỗ kim. Trong các cơ cấu cải tiến hơn, người ta thay thế xiphông bằng hộp kim loại kiểu màng cho phép ổn định thời gian trễ vì hai nguyên nhân sau: hộp kim loại kiểu màng có thể chế tạo với độ chính xác cao hơn và không khí được giữ trong không gian kín làm giảm khả năng bịt van lỗ kim do bẩn.

c. Bộ nhả bánh răng (hình 9-1c) được sử dụng tương tự như cơ cấu nhả bánh răng trong các đồng hồ cơ khí dùng dây cót. Chúng ít chịu ảnh hưởng của nhiệt độ hơn so với các bộ hãm khí hoặc dầu, song cần phải được thiết kế để có thể khởi động dễ dàng bằng cách chọn góc bánh răng thích hợp.

d. Các ống hãm bằng từ (hình 9-1d) bao gồm một ống cảm ứng bằng đồng kèm theo một nam châm vĩnh cửu và một ống sắt non để tạo đường về cho dòng từ thông. Cơ cấu này tỏ ra tin cậy hơn so với bộ nhả bánh răng vì nó cho phép làm việc không chậm trễ khi ống cảm ứng đồng vẫn còn chuyển động. Nếu dùng nam châm với lực kháng từ mạnh, thời gian trễ có thể đạt tới 120 s.

e. Bộ chỉnh tốc bằng ma sát (hình 9-1g) một cơ cấu vay mượn trong máy hát cơ. Nó bao gồm hai vật nâng đặt ở cuối tay đòn bằng cao su. Các tay đòn này song song với trục quay khi cơ cấu ở trạng thái nghỉ. Khi vận tốc tăng lên, các lực ly tâm sẽ đẩy các vật nặng ra xa cho đến khi đạt được giá trị vận tốc đặt, các vật nặng sẽ ma sát vào mặt phẳng hình nón, do đó cơ cấu sẽ không thể quay nhanh hơn nữa.

9.3. PHẦN TỬ THỜI GIAN DÙNG THỦY NGÂN

Thủy ngân có khả năng dẫn điện do đó có thể được dùng để đóng tiếp điểm. Người ta thường dùng các ống chứa thủy ngân mà khi bị nghiêng đi chúng sẽ làm cho thủy ngân di chuyển qua một lỗ đến vị trí mới làm khép tiếp điểm. Phần tử thời gian cũng có thể được dùng dưới dạng bộ hãm bằng thủy ngân.

a. Các ống lật nghiêng. Ở đây thủy ngân không chỉ tạo ra trễ bằng thời gian để chuyển nó tới vị trí mới dưới tác dụng của lực trọng trường mà còn thao tác giống như một tiếp điểm chuyển động khi nối tắt các đầu kim loại được đặt xuyên qua thành của ống thủy tinh (hình 9- 1e). Cần phải thiết kế ống cẩn thận để tránh lọt không khí.

Các ống loại này không được dùng để tạo thời gian trễ ngắn vì thủy ngân có thể sóng sánh và ngắt mạch. Tuy nhiên, có thể khắc phục hiện tượng này bằng cách cho khối thủy ngân đứng yên và tiếp điểm thì chuyển động để tạo ra thời gian trễ ngắn.

b. Bộ hãm bằng thủy ngân (hình 9-1f). Ở đây sử dụng loại tiếp điểm đặt trong một hộp thủy tinh hoặc kim loại được gắn thật kín. Một pittông từ tính rỗng (trên hình được tô đen) đặt nổi trên thủy ngân và được kéo xuống bởi cuộn hút đặt ở bên ngoài. Khi đó pittông sẽ đẩy thủy ngân (phần gạch chéo trên hình) thay thế chỗ phần khí trơ ở cái chén nhỏ đặt ở tâm. Khi lượng khí trơ được hút ra đủ nhiều, thủy ngân dâng lên trong pittông đủ lớn để khép tiếp điểm. Khi cuộn hút không được cung cấp nguồn, pittông sẽ nổi lên về vị trí ban

đầu, đồng thời hút khí trơ làm đứt mạch thủy ngân.

Cơ cấu này làm việc khá chính xác song khó có thể chỉnh được thời gian đặt, vì vậy thường được dùng để tạo thời gian trễ cố định.

Các phần tử trễ dùng thủy ngân hiện nay ít được dùng do tính độc của thủy ngân đối với con người trong quá trình sản xuất, chỉnh định và sử dụng các cơ cấu loại này.

9.4. CÁC BỘ TRỄ CƠ KHÁC

a. Bộ trễ nhiệt. Thường ở dạng thanh kim loại hai lớp được đốt nóng trực tiếp hay gián tiếp bằng dòng một chiều hay xoay chiều. Tiếp điểm được khép do thanh kim loại bị uốn cong khi bị đốt nóng bởi hệ số dãn nở nhiệt của các lớp kim loại không giống nhau.

Có thể tìm hiểu kỹ hơn về cấu tạo của bộ trễ nhiệt qua thiết kế của rơle nhiệt (xem mục 2.5).

b. Phần tử thời gian dùng động cơ (hình 9-1h). Trong mạch xoay chiều người ta thường dùng động cơ đồng bộ để quay cơ cấu bánh răng dẫn đến khép tiếp điểm. Thời gian trễ phụ thuộc vào tỉ số truyền. Để giảm ảnh hưởng của quán tính khi động cơ khởi động, người ta cho động cơ quay liên tục và nó được nối tới cơ cấu bánh răng qua bộ ly hợp mỗi khi có tín hiệu tác động. Khi tín hiệu tác động hết, bộ ly hợp nhả ra, các tiếp điểm được giải trừ nhờ lực trở về của lò xo cản. Điều này cho phép tạo thời gian giải trừ tức thời cho bộ trễ. Sai số trong trường hợp này được tính bằng thời gian quay một vòng của động cơ đồng bộ và tỉ lệ với chu kỳ của tần số công nghiệp.

Trong mạch một chiều, người ta thường dùng cơ cấu hạn chế tốc độ bằng ma sát như đã trình bày ở mục mục 9.2.

Đôi khi để tạo ra lực quay cơ cấu bánh răng thay vì động cơ người ta có thể dùng nam châm điện, thí dụ như ở một số loại rơle điện cơ của Trung Quốc, Liên Xô (cũ).

9.5. BỘ HÃM DÙNG MẠCH ĐIỆN

Phương pháp này sử dụng hoặc vòng ngắn mạch (khối kim loại) xung quanh cực cuộn hút, hoặc mạch có cuộn cảm ứng từ, hoặc mạch có tính dung kháng, hoặc mạch có chứa điện trở phi tuyến hay mạch cộng hưởng. Thời gian trễ của mạch hãm phụ thuộc vào điện áp cung cấp do đó vẫn phải ổn định áp này, thí dụ bằng điện trở phi tuyến đặt giữa nguồn và rơle thời gian (hình 9-2).

a. Vòng ngắn mạch. Trong các rơle điện cơ kiểu cuộn hút, phần tử thời gian được thực hiện dưới dạng một vòng đồng nặng bao quanh một phần của lõi sắt dài hoặc một ống đồng đặt bên trong cuộn dây (hình 9-2a).

Để nhận được thời gian trễ cực đại theo tín hiệu tác động, vòng đồng được đặt ở đầu hút của lõi, với khe hở không khí ở đầu hút lớn và thanh dẫn tiếp điểm đàn hồi có lực cản trở về lớn, thời gian trễ có thể đạt tới 0,1 s. Để nhận được thời gian trễ cực đại theo tín hiệu trở về, vòng đồng được đặt ở đầu phía kia của lõi và với lò xo tiếp điểm yếu, ngắn, thời gian giải trừ có thể đạt tới giá trị 0,6 s.

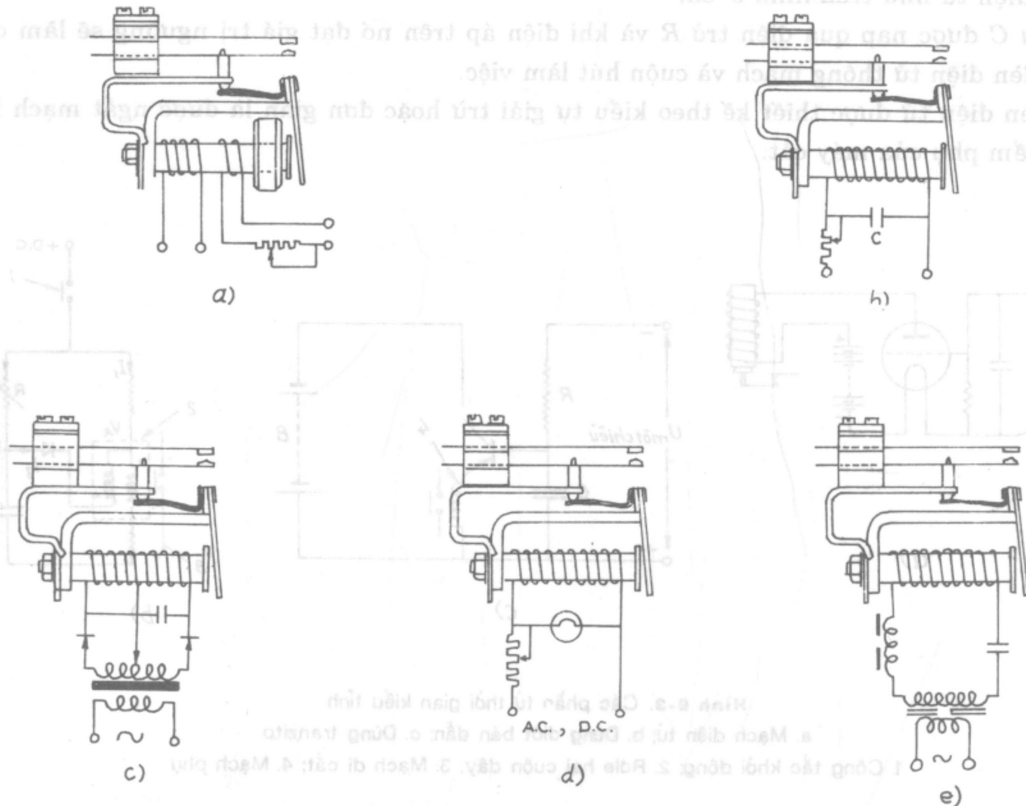
b. Tụ điện. Mắc song song với cuộn dây của rơle điện cơ kiểu điện từ và được nạp qua điện trở mắc nối tiếp (hình 9-2b) cho phép nhận được thời gian trễ khi tác động tới 0,5 s.

Thời gian này được điều chỉnh bởi biến trở R và bằng:

$$t = \frac{CR_r}{R + r} \log_e[1 + \frac{v(R + r)}{V_r}] \qquad (9\text{-}1)$$

với r - điện trở của cuộn rơle và v là điện áp khởi động của nó.

Trong mạch xoay chiều, bộ nắn dòng được sử dụng để tạo thời gian trễ khi trở về, khi đó tụ được mắc như trên hình 9-2c.



Hình 9-2. Các mạch tạo thời gian trễ kiểu điện từ
a. Vòng diệt từ; b. Tụ nạp; c. Tụ phóng dòng xoay chiều; d. Đèn sợi đốt; e. Mạch trễ cộng hưởng

c. Điện trở phi tuyến dùng đèn sợi đốt. Thời gian trễ khi tác động có thể nhận được bằng cách mắc cuộn rơle song song với một bóng đèn sợi đốt kim loại và nối tiếp với một biến trở (hình 9-2d). Đèn sẽ làm ngắn mạch cuộn dây và giảm từ thông của nó tới giá trị không trong khoảng thời gian ngắn cho đến khi sợi đốt của nó bắt đầu lóe sáng. Điện trở của đèn khi cháy lớn gấp mười lần khi nguội, do đó sẽ cho phép cuộn rơle làm việc. Ngược với đèn sợi đốt, có thể dùng điện trở nhiệt mắc nối tiếp với cuộn rơle. Ở nhiệt độ bình thường, điện trở của trở nhiệt cao sẽ hạn chế dòng rơle. Khi nóng lên điện trở này giảm xuống, dòng cuộn rơle sẽ đủ để tác động.

Nhược điểm của phần tử thời gian loại này là công suất tiêu thụ khá lớn.

d. Mạch cộng hưởng (hình 9-2e): Với rơle điện cơ quá dòng cắt nhanh, thời gian trễ khi tác động tới 3 chu kỳ có thể đạt được bằng cách dùng mạch cộng hưởng kiểu RCL mắc nối

tiếp có hệ số chất lượng cao. Thời gian trễ được chỉnh theo hằng số thời gian của mạch này:

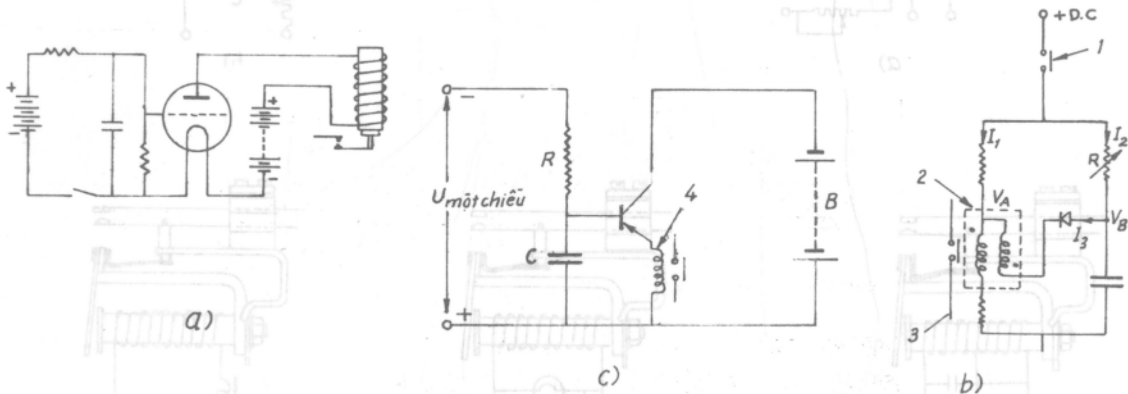
$$\tau = \frac{1}{2L}\left(R + \sqrt{R^2 - \frac{4}{C}}\right) \qquad (9\text{-}2)$$

9.6. PHẦN TỬ THỜI GIAN DÙNG SƠ ĐỒ ĐIỆN TỬ VÀ BÁN DẪN

9.6.1. Tác động của rơle điện cơ kiểu cuộn hút có thể được làm chậm tới 30 s bởi sơ đồ mạch điện tử như trên hình 9- 3a.

Tụ *C* được nạp qua điện trở *R* và khi điện áp trên nó đạt giá trị ngưỡng sẽ làm cho bóng đèn điện tử thông mạch và cuộn hút làm việc.

Đèn điện tử được thiết kế theo kiểu tự giải trừ hoặc đơn giản là được ngắt mạch bởi tiếp điểm phụ của máy cắt.



Hình 9-3. Các phần tử thời gian kiểu tĩnh
a. Mạch điện tử; b. Dùng điôt bán dẫn; c. Dùng tranzito
1. Công tắc khởi động; 2. Rơle hai cuộn dây; 3. Mạch đi cắt; 4. Mạch phụ

9.6.2. Sơ đồ dùng điôt nắn dòng

Khi công tắc khởi động *K* (hình 9- 3b) đóng mạch, dòng I_1 sẽ tăng tới giá trị thấp hơn ngưỡng tác động của rơle. Điện áp tụ V_B sẽ tăng theo hàm lũy thừa từ 0 lên giá trị chuẩn xác định bởi *CR*. Khi V_B vượt quá V_A, dòng I_3 chạy qua cuộn thứ hai của rơle (ở đây dùng loại rơle hai cuộn dây) và tạo ra lực tác động bổ sung để vượt quá ngưỡng tác động. Thay đổi *R* và *C* để chỉnh thời gian trễ từ lúc khởi động đến lúc tác động.

9.6.3. Sơ đồ dùng tranzito

Ở đây điện áp một chiều được nạp vào mạch *R* - *C* (hình 9- 3c). Tụ điện *C* được nạp qua điện trở *R* và khi điện áp của nó đạt giá trị ngưỡng, tranzito sẽ thông. Dòng cực phát sẽ làm cho rơle phụ tác động. Ăcquy *B* cung cấp nguồn cho rơle này. Sơ đồ tương tự như dùng bóng điện tử nhưng có kích thước nhỏ hơn, điện áp ăcqui nhỏ hơn, tiêu thụ ít năng lượng hơn và làm việc tin cậy hơn. Nếu đặt rơle như ở cực phát *E* thay cho cực góp *C*, mạch hồi tiếp âm sẽ tạo thời gian trễ lâu hơn và ổn định hơn đối với ảnh hưởng của nhiệt độ.

9.7. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ CÁC PHẦN TỬ THỜI GIAN THUỘC THẾ HỆ CÔNG NGHỆ MỚI

Từ phần này trở đi chủ yếu chỉ đề cập đến các phần tử thời gian xây dựng từ các linh kiện bán dẫn và vi mạch. Các khái niệm ở đây được trình bày trên quan điểm hiện đại. Nói chung thường tồn tại bốn dạng phần tử thời gian trong các thiết bị tự động hóa và bảo vệ rơle sau đây:

a. Phần tử trễ khi tác động T_{td};

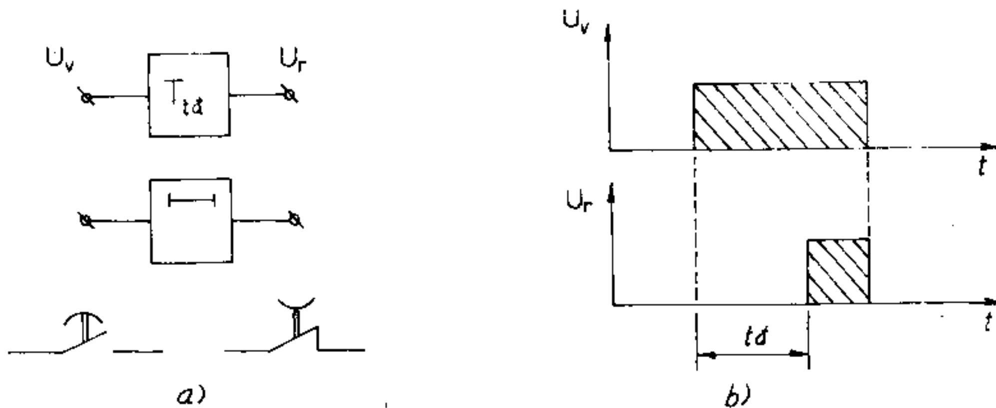
b. Phần tử trễ khi trở về T_{tv};

c. Phần tử hạn chế thời gian tác động *HT*;

d. Phần tử nhớ tín hiệu *NT*.

9.7.1. Phần tử trễ khi tác động

Trên hình 9-4a trình bày kí hiệu phần tử trễ khi tác động T_{td}. Phần tử tạo tín hiệu (áp) đầu ra U_r trễ sau khi xuất hiện tín hiệu đầu vào U_v khoảng thời gian cho trước t_d (đặt), tín hiệu U_r này biến mất khi tín hiệu U_v kết thúc (hình 9-4b) Nếu thời gian tín hiệu đầu vào U_v nhỏ hơn t_d thì tín hiệu đầu ra không xuất hiện.



Hình 9-4. Phần tử trễ khi tác động

Trên đây trình bày phần tử trễ khi tác động không đảo ngược tín hiệu: tín hiệu lôgic 1 ở đầu vào tương ứng với tín hiệu 1 ở đầu ra. Tuy nhiên có thể tồn tại phần tử đảo tín hiệu.

Trong các sơ đồ bảo vệ rơle, phần tử trễ khi tác động có thể được thể hiện ở dạng tiếp điểm chậm đóng hoặc chậm nhả như trên hình 9-4a. Cung tròn trên tiếp điểm được mở về hướng tác động bị làm chậm: đối với tiếp điểm thường mở, tiếp điểm sẽ chậm đóng mạch, và đối với tiếp điểm thường đóng, tiếp điểm sẽ chậm cắt mạch.

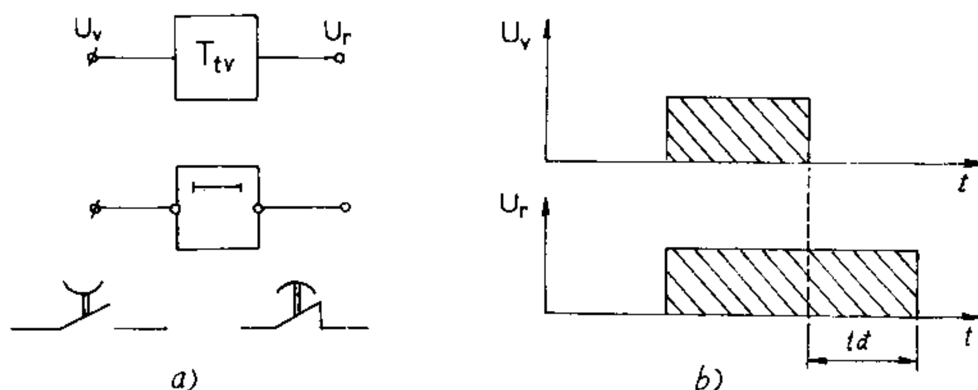
9.7.2. Phần tử trễ khi trở về T_{tv}

Phần tử trễ khi trở về tạo ra tín hiệu đầu ra đồng thời với tín hiệu đầu vào và làm chậm lại quá trình mất đi của tín hiệu đầu ra sau một khoảng thời gian t_d so với thời điểm chấm dứt tín hiệu đầu vào (hình 9-5b), chỉ cần tín hiệu đầu vào xuất hiện trong thời gian chỉ bằng $2 \div 5\%$ t_d thì thời gian trễ khi trở về đạt gần tới t_d.

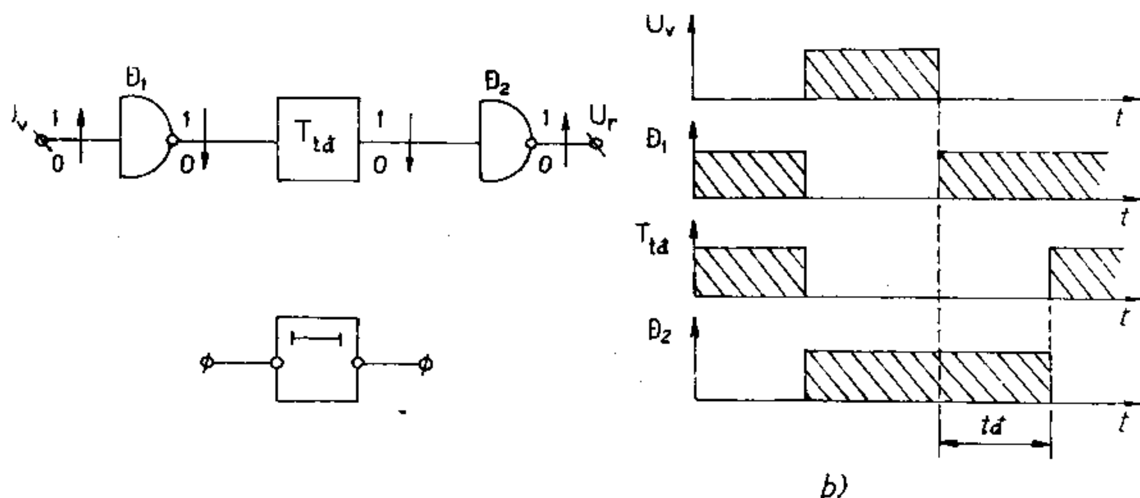
Nếu tín hiệu đầu vào đôi khi hay theo chu kỳ biến mất trong khoảng thời gian nhỏ hơn t_d thì tín hiệu đầu ra sẽ kéo dài liên tục.

Phần tử trễ khi trở về có thể được thiết kế theo sơ đồ riêng hoặc được thực hiện trên cơ sở phần tử trễ khi tác động T_{1d} với các bộ đảo ở đầu vào và đầu ra (hình 9-6).

Khi đó hình vẽ ký hiệu của phần tử trễ khi trở về T_{tv} chỉ khác với T_{1d} ở hai dấu khuyên tròn ở đầu vào và đầu ra. Khi không có tín hiệu vào ($U_v = 0$) do có bộ đảo D_1, ở đầu vào T_{1d} có giá trị lôgic 1, phần tử này ở trạng thái tác động và đầu ra của nó cũng có giá trị 1, tín hiệu này được bảo hành 0 ở đầu ra của sơ đồ. Khi xuất hiện $U_v = 1$, ở đầu vào T_{1d} xuất hiện 0 do đó ngay lập tức ở đầu ra của phần tử này xuất hiện giá trị 0, còn đầu ra của sơ đồ - giá trị 1. Như vậy tín hiệu đầu ra $U_r = 1$ của sơ đồ xuất hiện hầu như đồng thời với tín hiệu ở đầu vào $U_v = 1$. Khi tín hiệu đầu vào biến mất ($U_v = 0$) ở đầu vào T_{1d} xuất hiện 1 và nó bắt đầu tạo ra độ trễ tác động. Trong thời gian đó ở đầu ra của nó vẫn có giá trị 0, còn ở đầu ra của sơ đồ tín hiệu 1.



Hình 9-5. Phần tử trễ khi trở về



Hình 9-6. Phần tử trễ khi trở về sử dụng sơ đồ trễ khi tác động.

Khi thời gian t_d đã trôi qua, ở đầu ra của T_{1d} sẽ xuất hiện giá trị 1 do đó ở đầu ra của sơ đồ - tín hiệu 0. Như vậy tín hiệu đầu ra của sơ đồ xuất hiện đồng thời với tín hiệu đầu

vào và biến mất sau thời gian $t_đ$ so với thời điểm tín hiệu đầu vào kết thúc. Điều này hoàn toàn phù hợp với các tính chất của phần tử T_{tv}.

Trên hình 9-5a còn trình bày ký hiệu các tiếp điểm có độ trễ khi trở về hay được dùng trong các sơ đồ thực tế của các thiết bị tự động hóa và bảo vệ rơle.

Trong các rơle số hiện nay, người ta thường dùng kết hợp các phần tử trễ khi tác động và trễ khi trở về. Tùy theo hãng sản xuất mà ký hiệu của phần tử thời gian loại này có thể khác nhau. Trên hình 9-7 trình bày hai trong số các ký hiệu này.

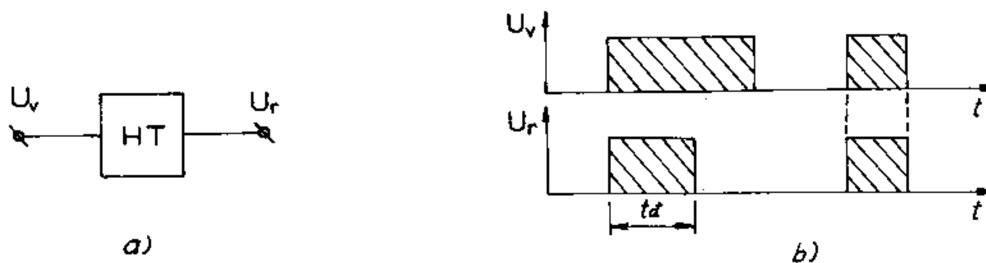


Hình 9-7. Ký hiệu của phần tử thời gian kết hợp

Các ký hiệu này có thể được hiểu như sau: Tín hiệu ở đầu *B* sẽ trễ so với đầu *A* thời gian là *X* giây khi tác động và *Y* giây khi trở về.

9.7.3. Phần tử hạn chế thời gian tác động *HT*

Phần tử *HT* (hình 9-8a) có đặc điểm là tín hiệu đầu ra của nó xuất hiện đồng thời với tín hiệu đầu vào nhưng lại kết thúc sau khoảng thời gian đặt chuẩn $t_đ$ nếu độ dài tín hiệu đầu vào lớn hơn giá trị này. Còn nếu tín hiệu đầu vào ngắn hơn $t_đ$, thì tín hiệu đầu vào và đầu ra cùng xuất hiện và kết thúc đồng thời (hình 9-8b).

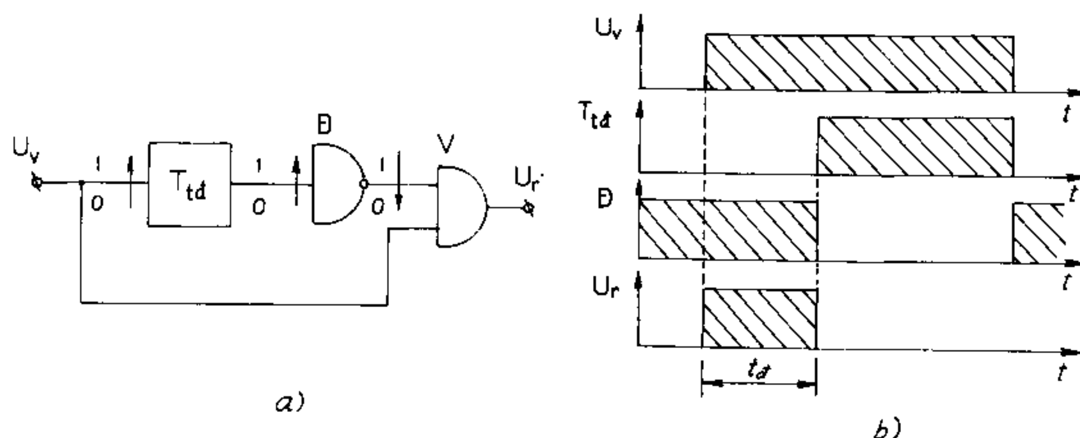


Hình 9-8. Phần tử hạn chế thời gian tác động

Cũng giống như phần tử trễ khi trở về T_{tv}, phần tử *HT* cũng có thể được thiết kế theo sơ đồ riêng hoặc có sử dụng phần tử trễ khi tác động (hình 9-9a).

Khi không có tín hiệu đầu vào ($U_v = 0$), ở đầu ra của phần tử T_{td} có giá trị lôgic 0 còn ở đầu ra của bộ đảo *Đ* có giá trị lôgic 1, khi $U_v = 1$ lập tức $U_r = 1$ thì ở hai đầu vào của bộ "VÀ" *(V)* đều có tín hiệu 1 (hình 9-9b). Khi tín hiệu đầu vào phần tử T_{td} khá dài vượt quá thời gian đặt, ở đầu ra của phần tử này xuất hiện giá trị 1, còn đầu ra của bộ *V* có giá trị lôgic 0, do đó tín hiệu U_r từ giá trị bằng 1 trở về giá trị 0. Khi tín hiệu đầu vào khá ngắn, phần tử T_{td} không kịp đạt thời gian trễ, do đó tín hiệu U_v và U_r xuất hiện và biến mất đồng

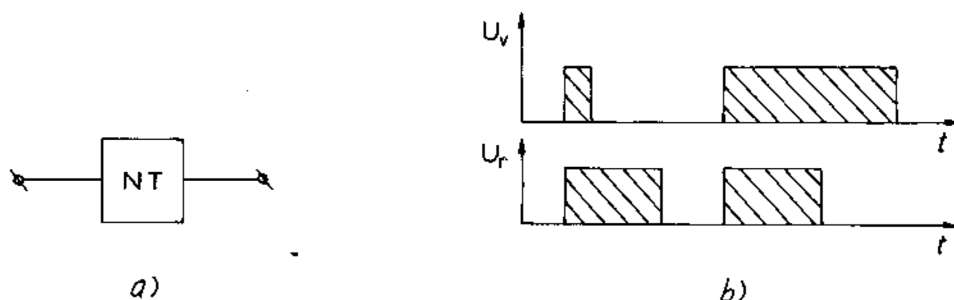
thời. Khi đó độ dài U_v và U_r bằng nhau. Đó chính là đặc điểm của phần tử hạn chế thời gian tác động *HT*.



Hình 9-9. Phần tử hạn chế thời gian tác động dùng sơ đồ trễ khi tác động.

9.7.4. Phần tử nhớ tín hiệu *NT*

Phần tử nhớ tín hiệu *NT* có chức năng nhớ tín hiệu đầu vào trong khoảng thời gian định trước. Tín hiệu đầu ra của nó xuất hiện đồng thời với tín hiệu đầu vào và biến mất sau khoảng thời gian đặt cho trước so với thời điểm xuất hiện tín hiệu đầu vào không phụ thuộc khi đó tín hiệu đầu vào còn tồn tại hay không. Độ dài tín hiệu đầu ra của *NT* không thay đổi khi độ dài của tín hiệu đầu vào của nó thay đổi (hình 9- 10). Đôi khi tín hiệu đầu vào chỉ ở dạng xung kim nhưng sự xuất hiện của nó cũng được ghi nhớ lại ở đầu ra của phần tử *NT*. Ở chương 5 đã đề cập đến mạch lật *D* có đầu vào nhạy cảm với các xung kim được sử dụng như một bộ nhớ với thời gian lưu giữ tùy ý (vi mạch 7474 ở mục 5.8.2.).



Hình 9-10. Phần tử nhớ tín hiệu

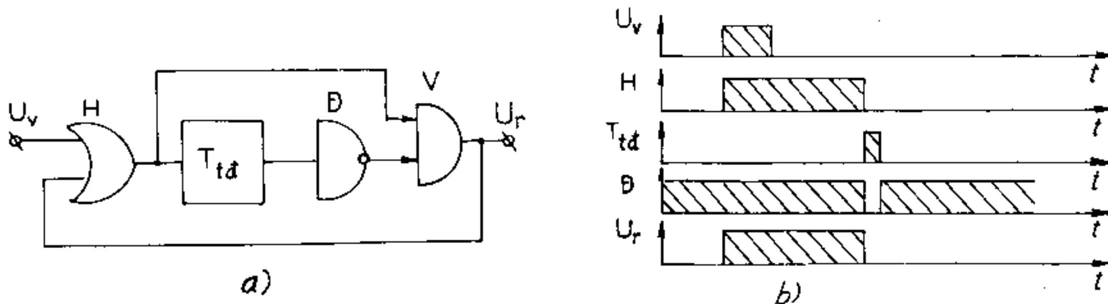
Phần tử *NT*, cũng như các phần tử đã nêu, có được thiết kế theo sơ đồ riêng hoặc sử dụng phần tử T_{td} kết hợp với các bộ ĐẢO, VÀ, HOẶC.

Khi tín hiệu đầu vào là xung dài, phần tử *NT* sẽ cho tín hiệu ra như một phần tử *HT*

và để đảm bảo chức năng nhớ cần phải giữ tín hiệu đầu vào trong *HT* tồn tại một thời gian có tín hiệu đầu ra. Do đó sơ đồ khối của phần tử *NT* thực chất tương đương với sơ đồ khối của phần tử *HT* có bổ sung ở phần đầu vào phần tử HOẶC nhằm kéo dài tín hiệu đầu vào (hình 9-11a).

Khi không có tín hiệu đầu vào ($U_v = 0$) ở đầu ra của bộ đảo có tín hiệu 1, còn ở đầu ra của tất cả các phần còn lại của sơ đồ - tín hiệu 0.

Khi $U_v = 1$ ở đầu ra của bộ HOẶC, VÀ xuất hiện tín hiệu 1, tín hiệu này truyền tới đầu vào thứ hai của bộ HOẶC cho phép gửi tín hiệu đầu vào. Khi đó tín hiệu đầu vào có thể biến mất và sơ đồ vẫn làm việc không cần tín hiệu này. Tín hiệu 1 ở đầu ra của sơ đồ sẽ tồn tại cho biết thời gian t_d, khi đó ở đầu ra phần tử T_{td} xuất hiện tín hiệu 1, còn ở đầu ra của bộ ĐẢO - tín hiệu 0, do đó tín hiệu giữ ở đầu vào sẽ biến mất (hình 9-11b).



Hình 9-11. Phần tử nhớ tín hiệu dùng sơ đồ trễ khi tác động

9.8. CÁC PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ PHẦN TỬ THỜI GIAN

Trong thực tế hiện nay, để thiết kế các phần tử thời gian người ta thường dùng ba phương pháp chính sau đây:

- Phương pháp nạp điện (hay phóng điện) của tụ điện từ áp ban đầu tới áp tương ứng với áp tác động của phần tử;
- Phương pháp đếm số lượng xung với chu kỳ cho trước;
- Phương pháp tạo trễ bằng chương trình phần mềm.

Phương pháp thứ nhất được dùng rộng rãi trong các thiết bị rơle và tự động hóa của Liên Xô (trước đây) bởi tính đơn giản của sơ đồ, dễ thiết kế chế tạo. Tuy nhiên phương pháp có đặc điểm là độ chính xác không cao.

Phương pháp thứ hai đòi hỏi công nghệ cao hơn và áp dụng những linh kiện kỹ thuật tiên tiến hơn, bù lại có thể cho phép đạt độ chính xác lớn hơn. Nhất là hiện nay khi kỹ thuật vi xử lý và các linh kiện vi mạch số ngày càng được áp dụng rộng rãi trong các thiết bị rơle và tự động hóa thì phương pháp này được các hãng sản xuất sử dụng thường xuyên hơn.

Nếu phương pháp thứ nhất và thứ hai thực hiện bằng phương pháp phần cứng thì hiện nay trong các thiết bị kỹ thuật số sử dụng bộ vi xử lý thường tạo trễ bằng các chương trình phần mềm thuần túy hoặc có kết hợp với sơ đồ phần cứng (phương pháp thứ ba).

9.8.1. Các phần tử thời gian sử dụng nguyên tắc nạp (phóng) điện của tụ điện

Các phần tử loại này thường có các bộ phận chính sau:

- Mạch bao gồm tụ và điện trở (hoặc một nguồn dòng để nạp hoặc phóng điện).

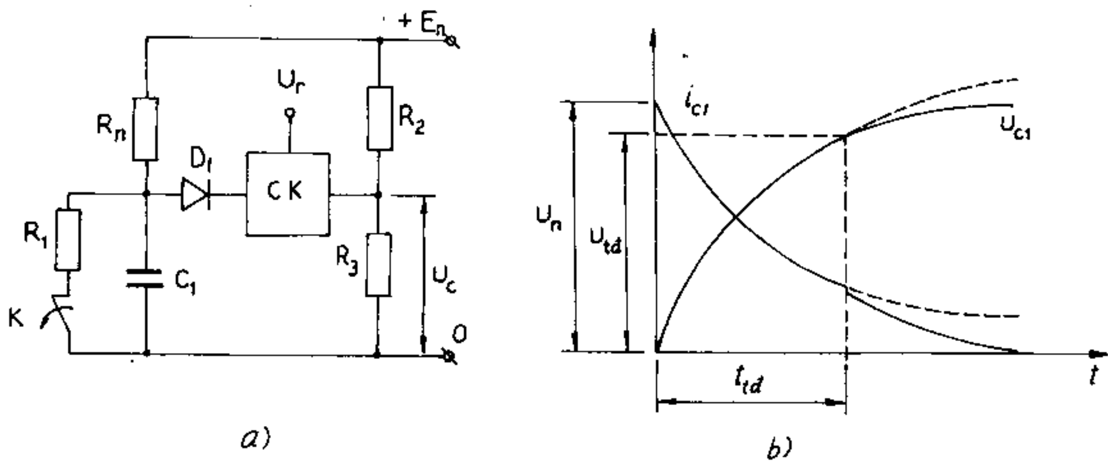
- Mạch khởi động mà trong chế độ chờ cho phép giữ tụ ở trạng thái chuẩn và đưa nó về trạng thái này sau khi phần tử trở về.

- Bộ chia áp chuẩn;

- Cái chỉ không *(CK)* cực nhạy tác động khi có chênh áp rất nhỏ giữa áp trên tụ và áp chuẩn, thêm vào đó, trong hàng loạt trường hợp *CK* được thiết kế liền với bộ chia áp chuẩn tạo thành phần tử ngưỡng với dòng tác động bé.

Trong chế độ chờ (chế độ thường), tụ có thể được nạp hoặc phóng điện bằng áp nghịch hoặc thuận, và khi xuất hiện tín hiệu khởi động nó sẽ nạp hoặc tự nạp lại hay phóng điện.

Sau đây trình bày nguyên tắc làm việc của phần tử thời gian có dùng tụ (hình 9-12a)



Hình 9-12. Nguyên lý làm việc của phần tử thời gian dùng tụ

Trong chế độ chờ, khóa khởi động *K* hoặc phần tử khởi động khác nối tắt mạch C_1 qua điện trở R_1, bởi vì $R_1 << R_n$ (điện trở nạp) nên điện áp trên tụ hầu như bằng 0, áp chuẩn U_c rơi trên R_3 lớn hơn áp của tụ, điốt D_1 đóng và dòng qua cái chỉ không *CK* bằng 0, do đó tín hiệu ở đầu ra của phần tử thời gian không có.

Khi tín hiệu khởi động ngắt khóa *K*, thời gian trễ bắt đầu được tính, khi đó tụ C_1 được nạp qua R_n, còn điốt D_1 vẫn đóng.

Áp trên tụ tăng theo hàm mũ:

$$U_c = E_n(1 - e^{-t/\tau})$$

trong đó: t - thời gian tính từ lúc khóa *K* chuyển mạch;

$\tau = R_n.C_1$ - hằng số thời gian của mạch.

Dòng trong mạch tụ cũng giảm dần theo hàm mũ (hình 9-12b):

$$i_c = E_n/R_n e^{-t/\tau}$$

Sau thời gian đặt t_{td}, áp trên tụ bắt đầu vượt qua áp chuẩn, điốt D_1 mở, dòng qua điện trở nạp R_n một phần chạy qua mạch *CK*, phần tử này tác động, tín hiệu đầu ra xuất hiện.

Thời gian tác động được tính theo biểu thức:

$$t_{td} = \ln \frac{E_n}{E_n - U_{td}}$$

trong đó: $U_{td} = U_C + U_{D1} + U_{CK}$;

U_{D1} - điện áp rơi thuận trên điốt $D1$;

U_{CK} - điện áp khởi động cái chỉ không;

$$U_{D1} + U_{CK} << U_C$$

Thời gian tác động có thể điều chỉnh bằng cách thay đổi R_n, C_1 hay U_C.

Sau khi tác động, tốc độ biến áp trên tụ và dòng qua nó thay đổi nhưng vẫn theo quy luật hàm mũ. Khi tín hiệu khởi động dài, tụ C_1 được nạp tới điện áp xác lập nhỏ hơn điện áp nguồn E_n và dòng qua mạch giảm tới 0.

Khi tín hiệu khởi động kết thúc, khóa K lại đóng, tụ phóng điện rất nhanh qua điện trở nhỏ R_1 tới điện áp nhỏ hơn U_C làm cho CK phục hồi và phần tử thời gian lại sẵn sàng chờ lần tác động mới.

Như vậy đây là phương pháp cải tiến từ các sơ đồ dùng tụ đã trình bày ở mục 9.5 và mục 9.6.3 có sử dụng các linh kiện bán dẫn công nghệ tiên tiến hơn.

9.8.2. Phần tử thời gian dùng kỹ thuật số

Trên hình 9-13 trình bày sơ đồ khối của phần tử đặt thời gian trễ dùng kỹ thuật số. Sơ đồ này gồm các phần tử chính sau:

- Khóa K cố định thời điểm đầu của thời gian trễ;
- Mạch tạo xung tần số cao;
- Bộ đếm cơ số thập nhị phân nghĩa là ở dạng cơ số 10 mà mỗi chữ số được biểu diễn ở cơ số 2;

Hình 9-13. Sơ đồ khối của rơle thời gian dùng kỹ thuật số

- Bộ chuyển mạch cơ số thập nhị phân để đặt thời gian trễ cho phép đặt thời gian ở cơ số 10 nhưng tín hiệu ra ở dạng cơ số 2;

- Comparatơ để so sánh hai tín hiệu ở dạng cơ số thập nhị phân.

- Mạch khuếch đại với các rơle đầu ra để tác động và đi báo tín hiệu.

Nguyên tắc làm việc của thiết bị như sau:

Người sử dụng có thể đặt thời gian trễ từ 0,01 đến 9,99 giây bằng ba núm chuyển mạch số. Tín hiệu đầu ra của các bộ chuyển mạch này ở dạng cơ số 2. Khi đóng khóa *K*, mạch nguồn khởi động bộ tạo xung đồng thời đặt bộ đếm ở trạng thái khởi đầu và bắt đầu đếm xung, thí dụ, với tần số 1000 Hz (chu kỳ 1 ms). Khi đầu ra của bộ đếm giống như đầu ra của bộ chuyển mạch, comparatơ sẽ phát tín hiệu ngắt mạch tạo xung đồng thời qua bộ khuếch đại chuyển mạch rơle *RL*1 để tạo tín hiệu tác động. Ngoài ra rơle *RL*2 sẽ chuyển mạch đi báo tín hiệu. Tín hiệu ánh sáng này có thể được xóa nhờ nút bấm đặt lại trạng thái rơle *RL*2.

9.8.3. Tạo trễ bằng phương pháp phần mềm

Phương pháp này có thể chia làm hai loại: tạo trễ thuần túy bằng phần mềm và có kết hợp với sơ đồ phần cứng.

Để tạo trễ bằng các chương trình phần mềm, người ta viết các lệnh hoặc các chương trình con với thời gian thực hiện là một đại lượng xác định trước. Việc thay đổi thời gian đặt được thực hiện bằng cách thay đổi số lần thực hiện hay số các vòng lặp của chương trình. Phương pháp này có nhược điểm là chiếm dụng thời gian làm việc của bộ vi xử lý.

Trong các bộ tạo thời gian trễ có kết hợp sơ đồ phần cứng, người ta thường sử dụng mạch đồng hồ riêng. Các chương trình phần mềm chỉ quản lý các địa chỉ tín hiệu phát ra ứng với các thời gian đặt khác nhau và các phần tử lôgic sử dụng các thời gian trễ đó. Bộ vi xử lý chỉ làm việc với phần tử thời gian tại thời điểm đầu và cuối của thời gian đặt, khi nó được kích hoạt và khi nó thay đổi trạng thái đầu ra.

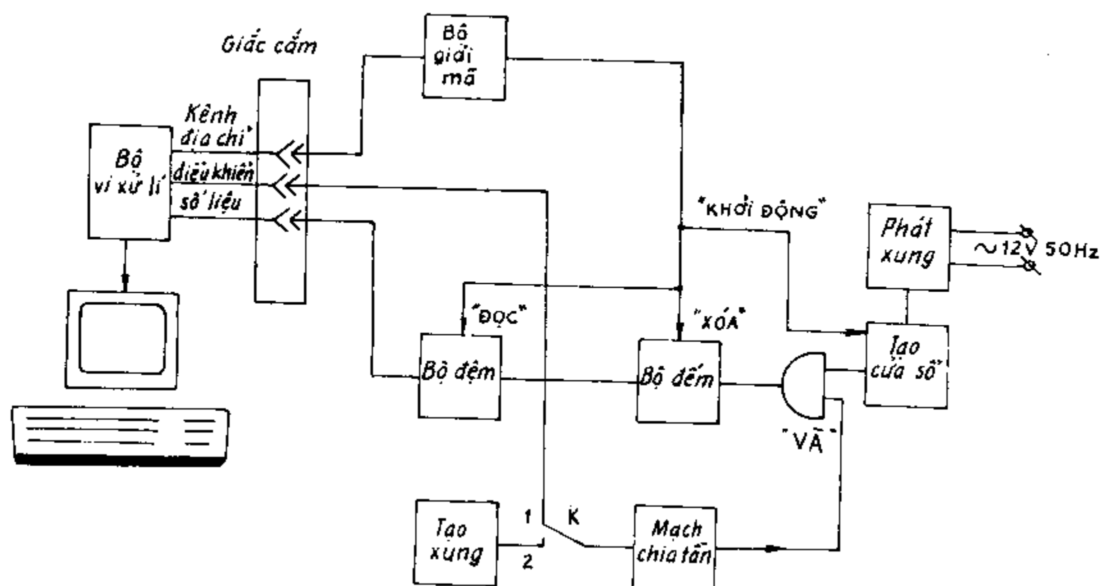
9.9. ỨNG DỤNG KỸ THUẬT VI TÍNH TRONG VIỆC ĐO TẦN SỐ DÒNG ĐIỆN CÔNG NGHIỆP

Việc đo tần số dòng điện công nghiệp về thực chất có thể quy về đo chu kỳ dòng điện công nghiệp. Như đã giới thiệu ở Chương 6, việc sử dụng kỹ thuật vi tính trong việc tự động kiểm tra tần số dòng điện công nghiệp sẽ phát huy được những ưu điểm của máy vi tính trong việc tổng hợp, hiển thị thông tin, cũng như tiến hành các tính toán trạng thái lưới điện trong thời gian thực.

Thiết bị đo tần số được ghép với máy vi tính *XT* qua giắc cắm 62 chân (và thêm giắc cắm mở rộng 36 chân đối với máy *AT*) nằm trên bản mạch chính của máy (xem hình P7-1, P7-2, P7-3). Cấu tạo của thiết bị gần giống với thiết bị giao diện đã giới thiệu trên hình 5-41. Nguyên tắc làm việc của thiết bị dựa trên phương pháp đếm số lượng xung với chu kỳ đã biết. Trên hình 9-14 trình bày sơ đồ khối của thiết bị tự động đo tần số dùng máy vi tính. Thiết bị bao gồm các khối chính sau:

- Mạch tạo xung cửa sổ có độ dài bằng chu kỳ dòng điện công nghiệp;
- Bộ phát xung cơ sở tần số cao;
- Bộ chia tần để tạo ra tần số chuẩn có chu kỳ ứng với đơn vị thời gian;

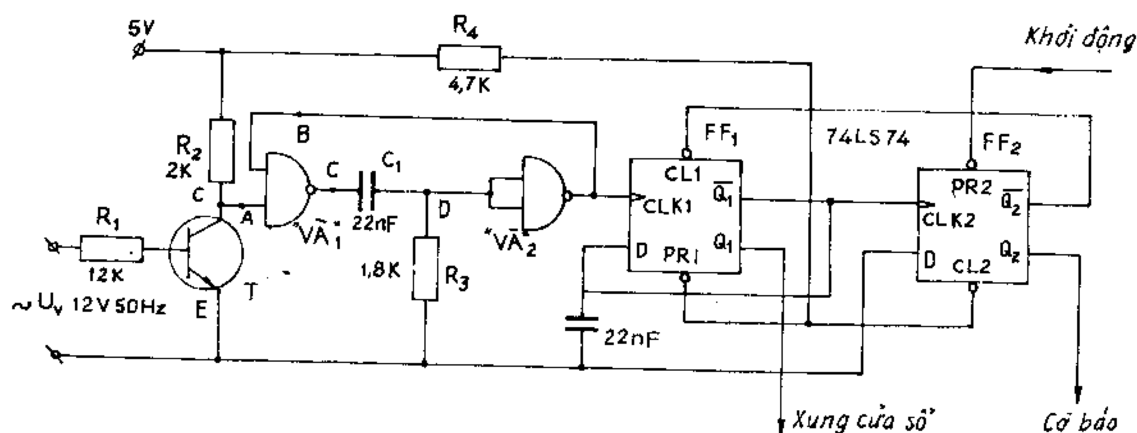
- Mạch VÀ để tách số xung chuẩn ứng với "cửa sổ";
- Bộ đếm số lượng xung chuẩn lọt qua "cửa sổ";
- Bộ giải mã để tạo tín hiệu điều khiển từ bộ vi xử lý đến các linh kiện phần cứng;
- Bộ đếm để đọc số liệu vào bộ vi xử lý theo lệnh điều khiển.



Hình 9-14. Sơ đồ khối của mã thiết bị đo tần số dùng máy vi tính

9.9.1. Mạch tạo xung cửa sổ

Sơ đồ chi tiết của mạch tạo xung cửa sổ được trình bày trên hình 9- 15. Nhiệm vụ của mạch như sau: Khi có lệnh "khởi động" của bộ vi xử lý phát qua bộ giải mã mạch sẽ tạo ra một xung cửa sổ có độ dài bằng chu kỳ của tần số dòng điện công nghiệp, đồng thời khi



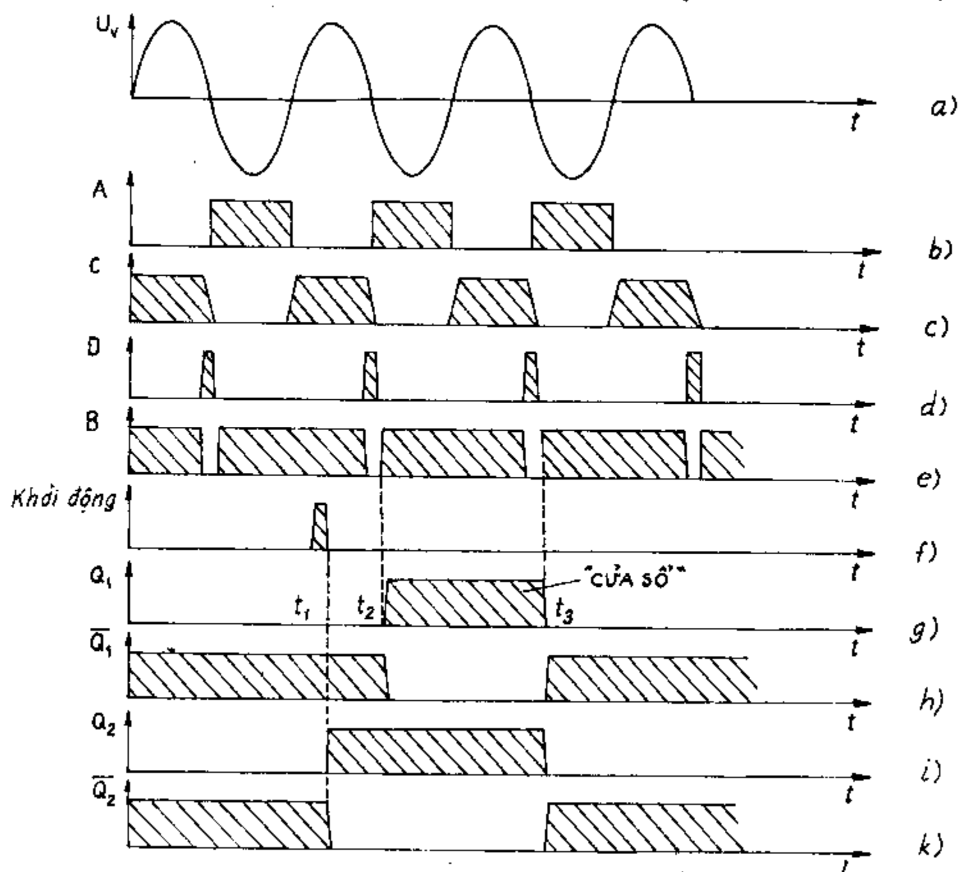
Hình 9-15. Sơ đồ tạo mạch tạo xung cửa sổ

"cửa sổ" kết thúc thì báo tín hiệu cho bộ vi xử lý biết.

Nguyên tắc làm việc của sơ đồ như sau: điện áp hình sin ở đầu vào U_v theo chu kỳ mở thông tranzito T. Khi T đóng, điện trở cực góp - cực phát của nó rất cao so với $R2$ nên điểm A có điện áp xấp xỉ nguồn (tức 5 V), điều này tương ứng với nửa chu kỳ âm của U_v. Khi U_v có giá trị dương, tranzito T mở, điện áp tại điểm A tụt xuống gần với áp của đất (điện trở cực phát - cực góp của T rất nhỏ so với $R2$). Như vậy đồ thị thời gian của áp điểm A sẽ giống như trên hình 9-16b.

Trong chế độ ban đầu, điện trở A giữa hai điểm C và D (của tụ C) rất lớn so với $R3$ nên áp tại điểm D thường xấp xỉ áp cuả đất. Do đó tại đầu ra (tức điểm B) của bộ đảo $V2$ thường có áp cao. Đó là nguyên nhân tại sao áp tại điểm C có xu hướng nghịch đảo với áp tại điểm A và được biểu diễn như trên hình 9-16c.

Trên hình 9-15 ta thấy rằng mạch nằm giữa hai điểm C và D thực chất là một mạch RC và là mạch vi phân. Mạch này chỉ cho tín hiệu dương khi áp ở C biến thiên từ cao xuống thấp (lấy đạo hàm sự biến thiên), ở các thời điểm khác tín hiệu ra bằng 0. Đáng lẽ khi áp tại C biến thiên từ thấp lên cao mạch vi phân phải cho giá trị âm tại D, song thực tế đây là điều không xảy ra vì áp tại D luôn luôn cao hơn áp đất. Như vậy đồ thị xung tại điểm D sẽ như trên hình 9-16d. Ta thấy chu kỳ của xung bằng chu kỳ dòng điện công nghiệp. Đồ thị đầu ra của mạch tạo xung vuông (tại điểm B) được trình bày trên hình 9-16e vì áp tại B



Hình 9-16.

đã qua bộ đảo *V*2.

Nguyên tắc làm việc của sơ đồ tạo "cửa sổ" như sau:

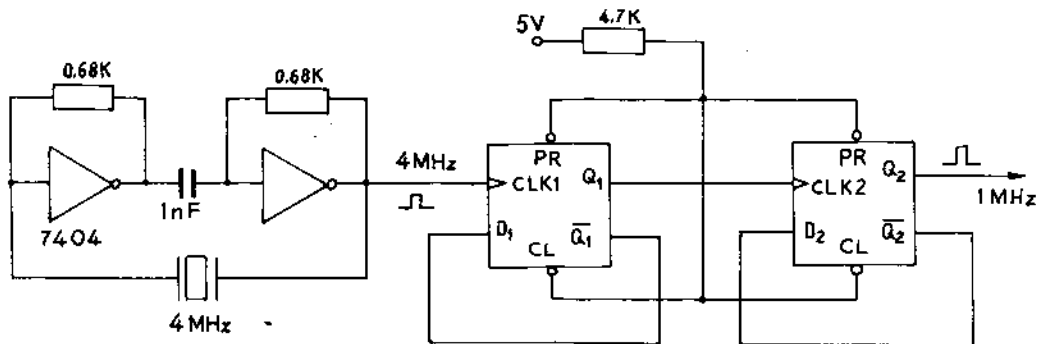
Sơ đồ này (hình 9- 15) sử dụng linh kiện 7474 (xem mục 5.8.2) bao gồm hai mạch lật *D* (*FF*1 và *FF*2). Ở thời điểm đầu khi mới bật nguồn ở mạch lật *FF*2 do có xung nhiễu xuất hiện ở đầu vào *CLK*2 nên trạng thái 0 ở đầu vào *D* nhất định sẽ được chuyển sang đầu ra *Q*2. Như vậy ở thời điểm đầu, *Q*2 có giá trị 0. Giá trị này sẽ luôn xóa nội dung của mạch lật *FF*2, vì thế *Q*1 luôn luôn có giá trị lôgic 0, cho dù tín hiệu ở điểm *B* có giá trị 0 hoặc 1. Giả sử ở thời điểm t_1 bộ vi xử lý của máy vi tính phát lệnh "khởi động". Tín hiệu này sẽ đặt *Q*2 lên giá trị 1. Như vậy mạch lật *FF*1 sẽ không bị xóa nữa: nó sẵn sàng tiếp nhận tín hiệu ở đầu *CLK*1. Tới thời điểm t_2 khi tín hiệu ở điểm *B* có xung từ 0 lên 1, ở mạch lật *FF*1 do đầu ra *Q*1 được nối với đầu vào *D*, giá trị lôgic 1 ở đầu *D* khi đó được chuyển vào *Q*1. *Q*1 nhảy từ giá trị 0 lên 1, còn *Q*1 thì ngược lại 1 xuống 0. "Cửa sổ" được bắt đầu thời điểm t_2 (xem hình 9- 16g).

Tới thời điểm t_3 của chu kỳ sau xung lên của áp tại điểm *B* đặt vào đầu *CLK* của mạch lật *FF*1 sẽ làm cho trạng thái của *Q*1 qua *D* truyền tới *Q*1, như vậy *Q*1 sẽ nhận giá trị 0, còn *Q*1 từ 0 lên 1. Chính xung lên này của *QT* áp vào đầu *CLK* của mạch lật *FF*2 sẽ làm cho *Q*2 nhận giá trị của *D* (tức từ 1 xuống 0). Giá trị 0 này của *Q*2 sẽ khóa mạch lật *FF*1: nội dung *Q*1 của mạch lật từ thời điểm đó trở đi sẽ luôn luôn bị xóa về 0 cho dù có các xung tác động vào đầu *CLK*1. "Cửa sổ" kết thúc tại thời điểm t_3 (hình 9- 16g). Chỉ đến khi nào có xung "khởi động" mới, một "cửa sổ" khác mới có thể được tạo ra.

Độ dài "cửa sổ" chính bằng chu kỳ dòng điện công nghiệp. Khi "cửa sổ" kết thúc, *Q*2 sẽ có giá trị 1, tín hiệu cờ báo này sẽ được truyền tới bộ vi xử lý.

9.9.2. Bộ phát xung cơ sở và mạch chia tần

Chức năng của bộ phận này là tạo ra các xung chuẩn có chu kỳ ứng với đơn vị thời gian nhỏ nhất để đo thời gian (hình 9- 17).



Hình 9-17. Bộ phát xung cơ sở và mạch chia tần

Bộ tạo xung cơ sở về thực chất là một bộ dao động thạch anh có tần số dao động 4 MHz và mạch cộng hưởng. Mạch này cho phép khuếch đại năng lượng cho xung 4 MHz đầu ra. Xung này được đưa vào bộ chia tần bao gồm hai mạch lật *D* của vi mạch 74*LS*74. Xung cơ

sở thứ nhất đưa vào đầu $CLK1$ của mạch lật $FF1$ sẽ làm cho $Q1$ đổi trạng thái, xung thứ hai - làm cho $Q1$ trở về trạng thái ban đầu. Như vậy, cứ hai xung ở $CLK1$ sẽ tạo ra một xung ở đầu ra $Q1$. Tương tự, cứ hai xung ở đầu vào $CLK2$ sẽ cho một xung ở đầu ra $Q2$. Do đó, cứ bốn xung ở đầu vào $CLK1$ sẽ tạo ra một xung ở đầu ra $Q2$: đây chính là mạch chia tần. Giả sử xung đầu vào $CLK1$ có tần số 4 MHz thì ở đầu ra $Q2$ xung chuẩn sẽ có tần số 1 MHz. Với tần số này mỗi xung chuẩn có độ dài chu kỳ là 1 μs.

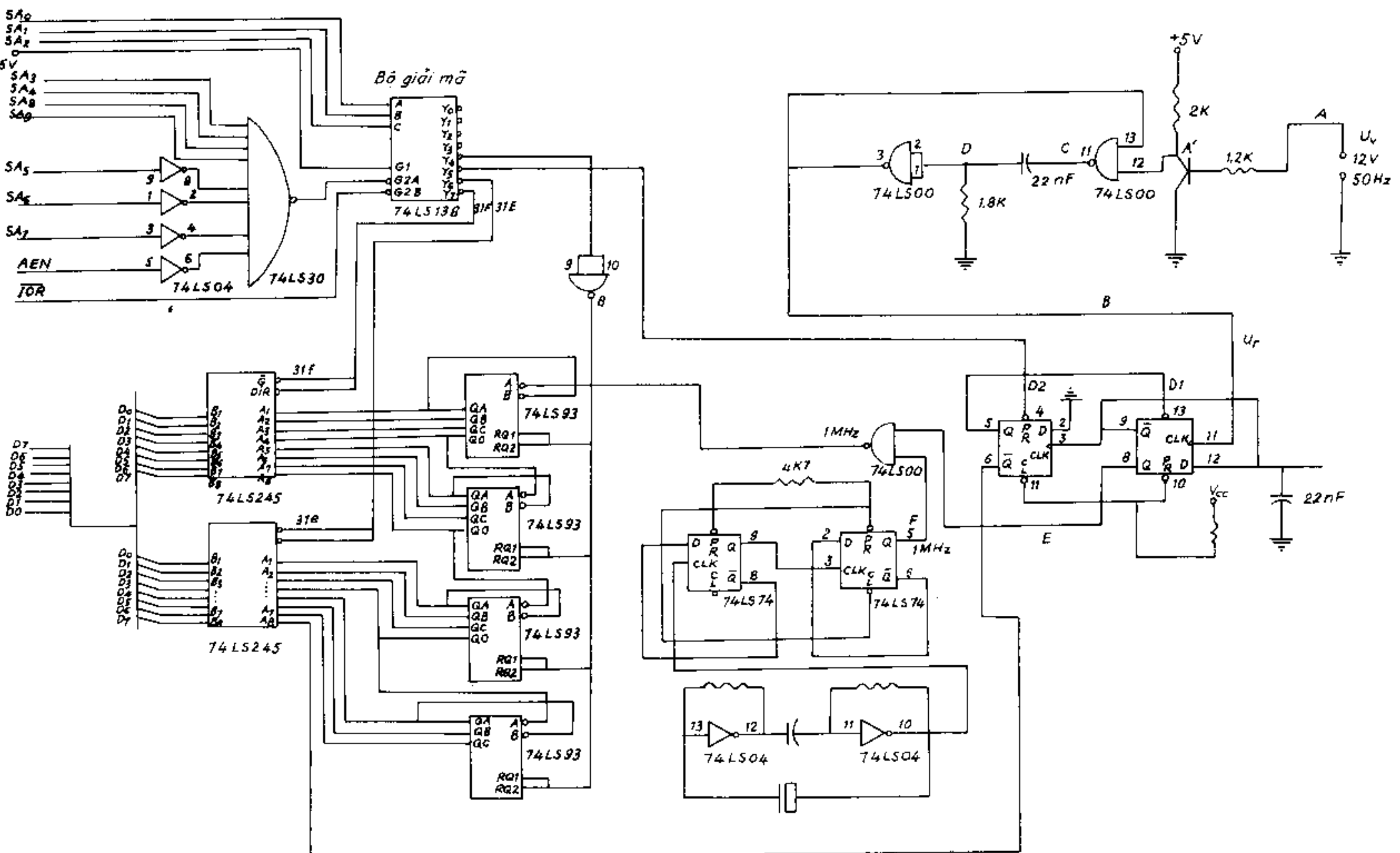
9.9.3. Bộ đếm 16 bit

Chức năng của bộ đếm là để đếm các xung chuẩn ứng với thời gian có xung "cửa sổ". Bộ đếm 16 bit được xây dựng từ bốn bộ đếm 4 bit mắc nối tiếp (hình 9-18). Bộ đếm 4 bit có thể là vi mạch $74LS93$. Bộ đếm này bao gồm bộ chia hai tần số (đầu vào A, đầu ra Q_A)

Hình 9-18. Bộ đếm 16 bit

và bộ chia tám tần số (đầu vào B, đầu ra Q_B, Q_C, Q_D). Để tạo thành bộ đếm bốn bit ta cần nối đầu ra Q_A với đầu vào B. Để tạo thành bộ đếm 16 bit ta cần mắc nối tiếp bốn vi mạch $74LS93$ như trên hình 5-30. Bit cao nhất của bộ đếm sẽ ở đầu ra Q_D của vi mạch thứ tư,

Hình 9-19. Bộ đếm vào/ra số liệu



Hình 9-20. Sơ đồ nguyên lý thiết bị đo tần số dùng máy vi tính.

còn bit thấp nhất - ở đầu ra Q_A của vi mạch thứ nhất. Một bộ đếm như vậy sẽ đếm được $2^{16} = 65436$ xung ở đầu vào.

9.9.4. Bộ đệm vào/ra số liệu

Bộ đệm xây dựng trên cơ sở vi mạch 74*LS*245 (hình 5-27). Nó cho phép nạp số liệu vào máy vi tính. Số liệu ở dạng cơ số hai ứng với số lượng xung vào bộ đếm 16 bit. Để nạp được số liệu 2 bai (mỗi bai gồm 8 bit) ta cần dùng hai vi mạch 74*LS*245 (hình 9-19).

Khi bộ vi xử lý phát tín hiệu "Đọc", số liệu từ phía đầu *B* được chuyển vào kênh số liệu của máy vi tính từ D_0 đến D_{15} (đối với máy *AT*). Còn đối với máy *XT* kênh số liệu chỉ có 8 bit (từ D_0 đến D_7) nên quá trình đọc số liệu cần phải thực hiện hai lần: lần đầu đọc bai thấp, lần sau đọc bai cao.

9.9.5. Nguyên tắc làm việc của thiết bị đo tần số

Trước tiên bộ vi xử lý thực hiện lệnh tương tự như lệnh (5-40) để phát xung điều khiển "xóa" nội dung bộ đếm 16 bit. Khi đó toàn bộ các đầu ra của bộ đếm được đưa về 0. Khi cần thực hiện phép đo tần số, bộ vi xử lý phát lệnh "khởi động" và ở đầu ra của mạch tạo xung cửa sổ (hình 9-15) xuất hiện một "cửa sổ" có độ dài bằng chu kỳ của dòng điện công nghiệp. Bộ đếm 16 bit sẽ đếm số xung chuẩn tần số 1 MHz lọt qua cửa sổ này. Khi xung cửa sổ kết thúc, tín hiệu cờ báo lôgic sẽ đặt vào bit cao nhất B_7 của bộ đếm thứ 2. Nếu bộ vi xử lý luôn đọc bit này và nhận ra nó có giá trị 1 thì sẽ phát lệnh để chuyển toàn bộ nội dung bộ đếm 16 bit vào máy vi tính bằng lệnh tương tự như lệnh (5-42). Còn nếu bit này có giá trị 0 (nghĩa là xung cửa sổ chưa kết thúc) thì bộ vi xử lý vẫn chờ và chưa nhận kết quả.

Như vậy bộ vi xử lý chỉ đọc 15 bit (bit 16 bỏ trống) của bộ đếm, tức là nhận giá trị lớn nhất là $2^{15} = 32718$.

Nếu mỗi xung chuẩn có chu kỳ 1 μs, thì 2^{15} xung tương ứng với 32718 μs. Đó chính là độ dài lớn nhất của xung cửa sổ mà thiết bị có thể đo được, nghĩa là tần số dòng điện công nghiệp nhỏ nhất của nó có thể đo là khoảng 31 Hz. Tần số 50 Hz sẽ ứng với chu kỳ là 20000 μs.

Chương 10

TRUYỀN TIN VÀ ĐIỀU KHIỂN TỪ XA TRONG VẬN HÀNH HỆ THỐNG ĐIỆN LỰC

10.1. KHÁI NIỆM CHUNG

10.1.1. Đặc điểm của vận hành hệ thống điện lực hiện đại

Hệ thống điện lực ngày nay bao gồm các nhà máy điện, hệ thống truyền tải, phân phối và sử dụng điện là các phần tử có mối liên hệ chặt chẽ với nhau thành một thể hữu cơ thống nhất. Việc phá vỡ những mối quan hệ đó thường dẫn đến những hậu quả nặng nề cho toàn bộ hệ thống nói riêng cũng như nền kinh tế nói chung.

Việc đảm bảo chất lượng điện năng như sản phẩm đầu ra của hệ thống phức tạp như vậy đòi hỏi mạng lưới điều khiển vận hành phải có mức độ tương ứng với sự trợ giúp của các thiết bị tự động, thiết bị truyền tin và điều khiển từ xa.

Hệ thống điều khiển vận hành trên thực tế bao gồm:

- Hệ thống cung cấp thông tin về trạng thái làm việc của các đối tượng cần điều khiển cho phòng điều hành trung tâm.
- Mạng lưới điện thoại điều hành.
- Hệ thống bảo vệ và điều khiển từ xa.
- Hệ thống dữ liệu.

Hệ thống cung cấp thông tin thông báo về tình hình hoạt động các tổ máy của nhà máy điện, hệ thống truyền tải và phân phối điện năng thông qua các tham số kỹ thuật của các thiết bị nhằm tính toán và chỉnh lý quá trình sản xuất và phân phối điện năng theo quy trình và chế độ tối ưu cho trước. Hệ thống này sử dụng nguyên tắc đo lường tại chỗ và đo xa.

Hệ thống điện thoại điều hành đảm bảo sự liên lạc trực tiếp giữa người điều hành với các nhân viên vận hành các nhà máy điện và các trạm dưới quyền, đồng thời duy trì mối liên hệ với các hộ tiêu dùng điện năng và các tổ chức khác.

Hệ thống bảo vệ và điều khiển từ xa bao gồm các đầu phát và thu thông tin, các máy thu phát từ xa và các kênh truyền tin.

Thông tin ở đây nằm dưới dạng các tín hiệu telex, các giá trị đo lường từ xa của tham số dòng điện dưới dạng mã, các tín hiệu điều khiển và chỉnh lý từ xa, tín hiệu báo động, v.v... Các tín hiệu bảo vệ từ xa bao gồm tín hiệu cắt liên động, tín hiệu cắt cho phép và tín hiệu khóa.

Hệ thống truyền dữ liệu là một phần của hệ thống liên lạc cung cấp thông tin để xử lý trên các máy tính cũng như truyền các kết quả đi từ chúng.

10.1.2. Hệ thống quản lý truyền tải và hệ thống quản lý phân phối

Vận hành hệ thống điện hiện đại được tiến hành thông qua các hệ thống quản lý chính là hệ thống quản lý sản xuất và truyền tải (*EMS*) và hệ thống quản lý phân phối (*DMS*). Do đặc thù của hệ thống đường dây truyền tải có nhiều điểm khác biệt so với hệ thống lưới phân phối nên *EMS* cũng có thể được phân biệt với *DMS* theo các khía cạnh như trình bày ở bảng 10-1.

Bảng 10-1. **Đặc điểm của hệ thống quản lý truyền tải và hệ thống quản lý phân phối**

Đặc điểm	Hệ thống quản lý truyền tải	Hệ thống quản lý phân phối
Số lượng các trạm	< 200 trạm truyền tải	Tới 60.000 trạm phân phối
Số lượng các điểm quản lý	< 30.000 điểm	Tới 500.000 điểm
Đo lường tự động	Tới 100% đo từ xa	Chỉ 10% đo từ xa
Sơ đồ lưới	Sơ đồ hỗn hợp	Sơ đồ hình tia
% tổn hao	< 5% tổn hao	> 75% tổn hao
Cấu hình lưới	Tĩnh	Động
Sơ đồ hiển thị	Sơ đồ một sợi	Sơ đồ một sợi và sơ đồ địa lý

Vì hệ thống quản lý truyền tải đơn giản hơn hệ thống quản lý phân phối nên trong các hệ thống điện hiện nay, người ta phát tiển trước hết hệ thống thứ nhất. Hệ thống quản lý phân phối sẽ được xem xét kỹ hơn ở mục 10.5.

10.1.3. Các hình thức truyền tin dùng trong ngành điện lực

- Các kênh cao tần theo tuyến đường dây tải điện *(PLC)* sử dụng dây tải điện hay dây chống sét hoặc các đường cáp đặt cách ly trong chúng. Việc sử dụng dây pha để truyền thông tin cao tần có thể được thực hiện theo các sơ đồ sau: dây phát - dây nhận, dây pha - dây đất, dây pha - dây pha khác, dây pha - dây pha của lộ khác, hai dây pha của hai lộ khác nhau - dây đất, hai dây pha - dây pha còn lại. Việc sử dụng dây chống sét (*DCS*) thường theo sơ đồ : *DCS* - *DCS* ; *DCS* - dây đất, hai *DCS* - đất. Các đường cáp đặt cách ly trong dây pha hoặc dây chống sét cũng theo các sơ đồ tương tự.

- Các kênh theo đường cáp ngầm dưới đất hoặc dây hữu tuyến trên không. Ở đây thường sử dụng loại cáp đối xứng hoặc cáp đồng trục.

- Các kênh liên lạc sử dụng vô tuyến chuyển tiếp(hay vi ba với bước sóng 1 ÷ 10cm)

- Các kênh vô tuyến sóng ngắn (bước sóng từ 10 đến 50 cm).

- Các kênh cáp quang chôn ngầm dưới dất hoặc đặt theo đường dây tải điện.

- Các kênh thuê của ngành bưu điện.

Hiện nay trong ngành điện lực, hình thức truyền tin cao tần theo đường dây tải điện, vô tuyến chuyển tiếp và các kênh cáp quang được sử dụng rộng rãi hơn cả.

Truyền tin theo đường dây tải điện được sử dụng phổ cập ở Liên Xô (cũ), chiếm tới 50% tổng số độ dài đường dây thông tin trong hệ thống điện (năm 1985), vì dạng thông tin này đòi hỏi ít vốn, giá thành khai thác sử dụng thấp và đủ độ tin cậy đối với các hệ thống điện nhỏ. Ở các nước phương Tây, hình thức này ít được dùng vì nó có các nhược điểm sau:

- Chịu ảnh hưởng nhiễu của đường dây tải điện;

- Độ tin cậy và độ chính xác truyền tin chưa cao;

- Phụ thuộc nhiều vào trạng thái làm việc của đường dây tải điện, nhất là trong các trường hợp có sự cố;

- Thông lượng và tốc độ truyền tin chưa cao do đó khó đảm đương được yêu cầu thông tin liên lạc của các mạng lưới lớn.

Cơ sở của dạng liên lạc cao tần là dùng các tín hiệu tương tự cao tần mang thông tin được truyền đi trong dây dẫn đến nơi nhận thông tin. Nếu sử dụng các tín hiệu vô tuyến có tần số mang rất cao, tới $10^9 \div 10^{10}$ Hz thì đây gọi là tuyến thông tin viba (sóng cực ngắn). So với truyền tin theo đường dây tải điện *PLC*, thông tin vi ba có các ưu điểm sau:

- Có độ tin cậy truyền tin cao hơn vì độ nhiễu ít hơn;
- Hoạt động trong mọi thời tiết và chế độ làm việc của hệ thống điện;
- Vận tốc truyền tin cao;
- Dễ chọn vị trí đặt máy thu - phát;
- Chi phí lắp đặt và sửa chữa thấp.

Tuy nhiên hình thức truyền tin này cũng có các nhược điểm sau:

- Khả năng truyền thông tin đi xa bị hạn chế.
- Số kênh truyền không lớn và vì còn phải dành dải tần cho các hệ thống truyền hình;
- Vốn đầu tư ban đầu lớn.

Khác với vô tuyến sóng ngắn sử dụng sự tản mát và phản xạ của sóng điện từ do độ thiếu thuần nhất của tầng điện ly để truyền tín hiệu đi xa, vô tuyến chuyển tiếp (vi ba) hoạt động trong tầm nhìn thấy được bằng cách truyền thẳng trực tiếp. Vì vậy, để truyền thông tin đi xa cần có nhiều trạm thu phát đặt nối tiếp nhau. Khi chưa có cáp quang, vô tuyến chuyển tiếp giữ vai trò chủ đạo trong việc truyền tin của ngành điện lực tại các nước tư bản phát triển, bởi độ tin cậy truyền tin cao của nó. Hiện nay, cùng với dây hữu tuyến, cáp quang, vô tuyến chuyển tiếp tạo thành hệ thống thông tin số cho phép truyền tin với tốc độ cao, chất lượng tốt, phong phú về hình thức thể hiện (tín hiệu, dữ liệu, tiếng nói, hình ảnh).

10.2. CƠ SỞ CỦA LÝ THUYẾT THÔNG TIN

10.2.1. Các dạng mã hóa

Trong thông tin liên lạc, người ta phân biệt thông tin liên tục và thông tin rời rạc. Thông tin liên tục và giá trị tần số có thể tùy ý trong dải làm việc cho trước, thí dụ như trong điện thoại thông tin rời rạc chỉ nhận một vài giá trị chuẩn cho trước và gián đoạn về mặt thời gian.

Để truyền tải thông tin, các tín hiệu được biến điệu và mã hóa. Tồn tại các kiểu biến điệu: biến điệu theo biên độ, biến điệu theo tần số, biến điệu theo pha của sóng mang xoay chiều (xem mục 1.4 và hình 1-6). Thông tin cũng được mã hóa theo một số mã số đặc biệt như mã Morse, mã Grey, mã Hemminh, mã ASCII, mã Baudot, mã EBCDIC, v.v... Những mã sau cùng ở trên ra đời gắn liền với sự phát triển của kỹ thuật số và hiện nay được sử dụng rộng rãi ở các nước phát triển.

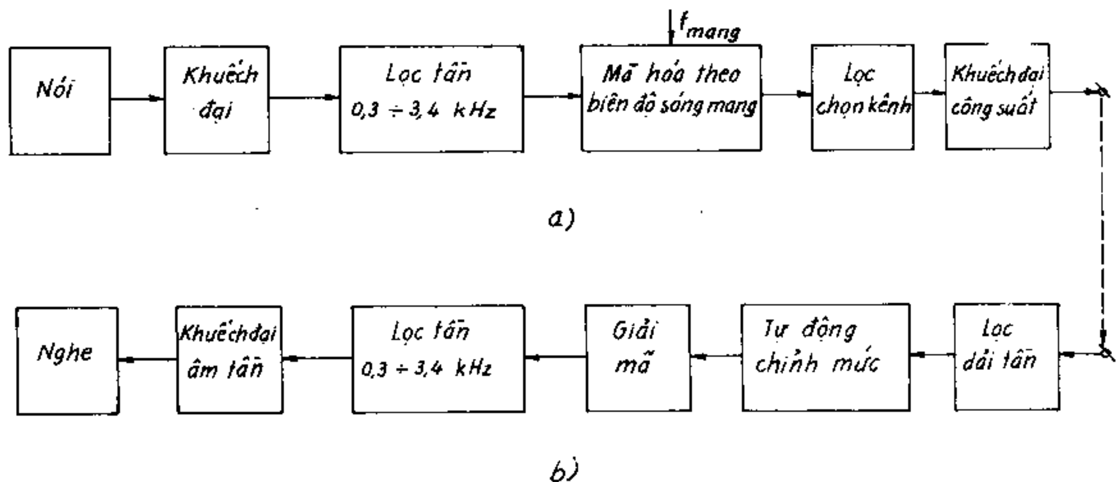
10.2.2. Kênh điện thoại

Người ta phân biệt ba kiểu truyền điện thoại: hữu tuyến, vô tuyến và sử dụng đường dây tải điện. Tín hiệu nằm trong dải tần nghe được là 0,3 ÷ 3,4 kHz. Người ta sử dụng các

dải tần này để truyền tín hiệu điện thoại hoặc tách riêng phần từ 2,1 đến 3,4 kHz dùng riêng cho tín hiệu điều khiển từ xa và dữ liệu máy tính.

Như vậy ở cả phần thu và phần nhận của các kênh điện thoại, cần phải có những bộ lọc tần để tách riêng các loại tín hiệu có tần số khác nhau.

Trên hình 10-1 trình bày sơ đồ chức năng của kênh điện thoại từ phần phát đến phần thu. Ở đây dải tần làm việc của các kênh điện thoại là 0,3 ÷ 3,4 kHz. Sau khi mã hóa, tín hiệu điện thoại được đưa đến tần số của máy mang cao tần và sự truyền tải thực hiện trên tần số này. Ở phần thu (hình 10-1b) tín hiệu điện thoại trước hết được bộ lọc cao tần tách khỏi phông tín hiệu, sau đó điều chỉnh tự động mức tín hiệu để có thể giải mã được, cuối cùng mới lọc tín hiệu âm thanh.



Hình 10-1. Sơ đồ khối của kênh điện thoại

10.2.3. Kênh thông tin rời rạc

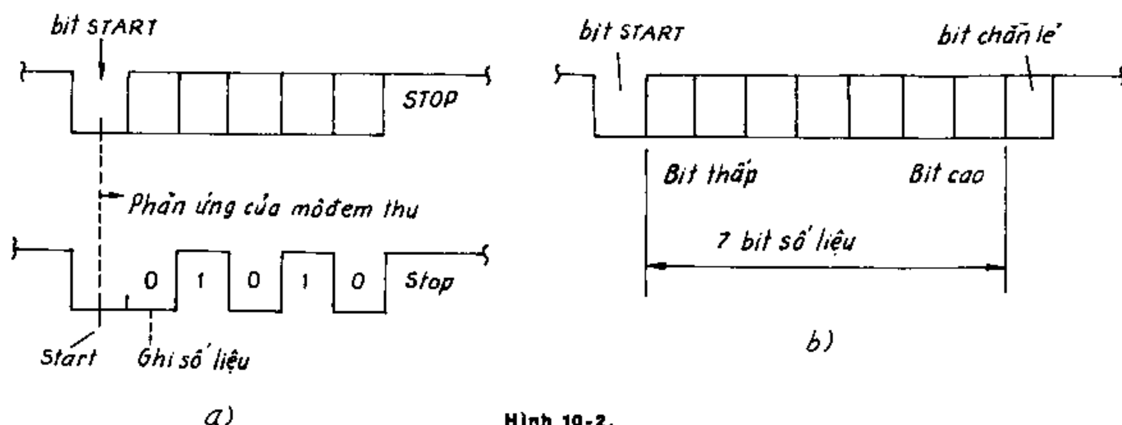
Bao gồm kênh bảo vệ và điều khiển từ xa, kênh điện tín và kênh truyền dữ liệu. Đặc điểm chung của chúng là phần tử mang thông tin là tín hiệu cơ số hai có hai mức là 0 đến $I_{chuẩn}$ hoặc $-I_{chuẩn}$ đến $+I_{chuẩn}$. Để thực hiện việc truyền thông tin người ta dùng các loại môđem, môđem thu và môđem phát. Về thực chất, môđem là thiết bị khuếch đại công suất tín hiệu để có thể truyền đi xa.

Có thể phân biệt môđem theo loại mã của tín hiệu hay theo vận tốc truyền tải thông tin lớn nhất mà môđem có thể thực hiện được. Các môđem truyền tín hiệu điều khiển từ xa thường có vận tốc thấp so với truyền dữ liệu. Thí dụ, các môđem truyền dữ liệu thường có vận tốc cao như môđem 1800, môđem 9600, môđem 19200.

Việc truyền tín hiệu theo các kênh thông tin rời rạc phổ biến là kiểu truyền tuần tự tức là thứ tự theo thời gian. Trên hình 10-2a trình bày biểu đồ thời gian của một tín hiệu telex kiểu start-stop 5 bit, còn trên hình 10-2b tín hiệu start-stop 8 bit.

Khi không có thông tin dây dẫn số liệu nghỉ ở mức cao. Khi có bit khởi động START,

giá trị lôgic 0, môđem thu bắt đầu phản ứng sau thời gian 1/2 bit và bắt đầu ghi nhận số liệu sau 1 bit nữa. Số liệu có thể gồm 5 bit hay 7 bit tùy theo loại mã truyền. Thí dụ trên hình 10-2a, trình bày ký tự *R* tương ứng trong bản mã ASCII là 1010 (cơ số 2) (Tham khảo bảng mã ASCII). Độ dài thời gian của từng bit phụ thuộc vào tốc độ truyền tin, thí dụ đối với mođem 100 thì độ dài bit START là 10 ms (100 baud).

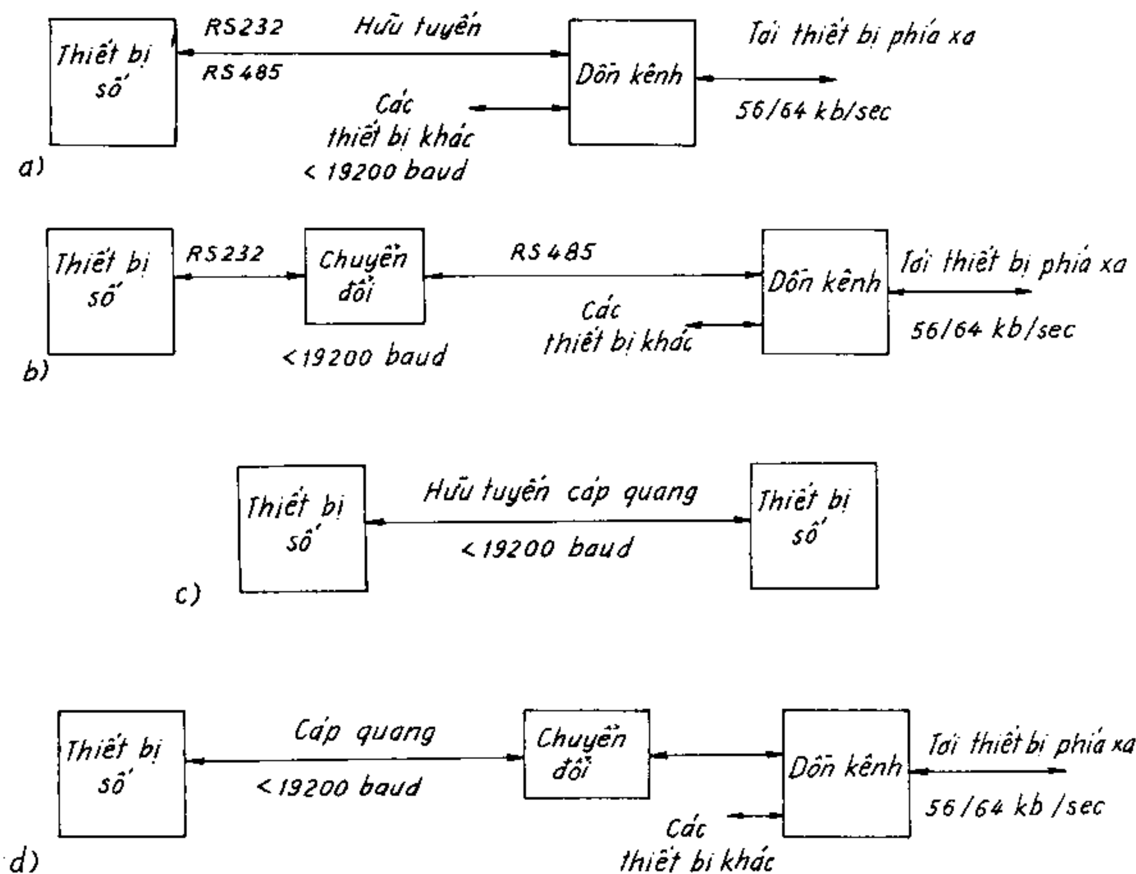


Hình 10-2.

Các đầu thu phát kênh thông tin rời rạc có thể được đặt tại một rơle số, một thiết bị đầu cuối phía xa, máy vi tính hay thiết bị chủ kiểu máy tính mini của mạng truyền dữ liệu... Các thông tin trước khi truyền, được mã hóa và có thể được nén để giảm thời gian truyền. Các chương trình nén tin đặc biệt hữu ích khi truyền dữ liệu ảnh vì cho phép giảm thời gian truyền đi nhiều lần. Phía đầu thu sau khi giải nén sẽ được giải mã các gói thông tin. Tùy theo loại phần mềm được sử dụng ở công đoạn này, thông tin phải chờ để xử lý sau đó mới được hiển thị trên màn hình hay có thể hiển thị trực tiếp theo thời gian thực.

Như đã trình bày ở mục 7.7.3, cổng truyền tin tuần tự thường sử dụng loại dây lõi đồng (song hành hay đồng trục) và cáp quang. Nếu sử dụng cáp quang, phải sử dụng các bộ chuyển đổi điện-quang và quang-điện đặt tại thiết bị phát và thu. Trên hình 10-3 trình bày các dạng nối dây thông tin với thiết bị số. Tại cổng các thiết bị số, tốc độ truyền dữ liệu thường không quá 19200 baud (thường là 300, 600, 1200, 2400, 4800 và 9600). Để truyền đi xa, người ta thường dùng các bộ dồn kênh sử dụng các đường truyền tin có tốc độ cao, sử dụng biến điệu mã xung (*PCM*) theo tiêu chuẩn *CCITT* (Tiêu chuẩn của Hội đồng cố vấn về điện thoại, điện tín quốc tế) là 64 Kb/s. Ở Bắc Mỹ, vận tốc truyền này là 56 Kb/sec. Tuy nhiên, khi cần thiết tốc độ này có thể đạt tới 10 Mb/s. Thường tín hiệu theo tiêu chuẩn *RS232* chỉ được truyền tới bộ dồn kênh theo khoảng cách gần (dưới 15m), khoảng cách xa hơn phải dùng tiêu chuẩn *RS485* kèm theo bộ chuyển đổi (hình 10-3a, b). Các thiết bị số có thể trao đổi trực tiếp số liệu với nhau qua dây dẫn hoặc cáp quang mà không dùng bộ dồn kênh nếu có đường truyền tin riêng dành cho chúng (hình 10-3c). Cáp quang được sử dụng khi vị trí đặt bộ dồn kênh khá xa hoặc khi đường dẫn tín hiệu đi qua khu vực bị nhiễu mạnh. Trong các hệ thống bảo vệ và điều khiển từ xa, để đảm bảo độ tin cậy thao tác, người ta thường kết hợp truyền tin theo cáp quang với một hình thức khác như tải ba tần số cao hoặc hữu tuyến, v.v...

Trong sơ đồ truyền tin đơn giản nhất, cáp lõi đồng thường có ba sợi: đường truyền, đường nhận và dây đất. Dây đất có thể được chế tạo kiểu lưới bọc lấy hai dây kia để bảo vệ tránh nhiễu. Đường cáp quang sử dụng cho mục đích này cũng thường có hai lõi: một lõi đường truyền và một lõi đường nhận.



Hình 10-3. Các cách mắc cáp thông tin với thiết bị số

10.2.4. Nâng cao độ tin cậy truyền tin trong hệ thống điện

Để nâng cao độ chính xác của thông tin truyền đi, người ta sử dụng thông tin phụ phản ánh kết quả truyền tin. Trong hệ thống truyền tin hai chiều, mỗi khi môđem thu nhận được tín hiệu để so sánh với tín hiệu gốc. Tín hiệu sao có thể là toàn bộ hay một phần của tín hiệu gốc. Khi thấy có sự sai lệch, môđem phát sẽ phát hiện tín hiệu gốc có hai loại truyền tín hiệu sao: truyền tín hiệu sao do môđem thu ra quyết định, hoặc truyền tín hiệu sao do môđem phát ra quyết định. Nhược điểm của phương pháp kiểm tra hai chiều là cồng kềnh và vận tốc truyền tin không cao nhưng độ tin cậy rất lớn.

Trên thực tế người ta thường dùng kiểu truyền tin một chiều, trong đó cùng với tín

hiệu có ích người ta gửi kèm theo tín hiệu kiểm tra độ chính xác. Đó chính là bit kiểm tra độ chẵn lẻ đặt ở cuối các bit số liệu (hình 10-2b). Thí dụ trước khi thu phát, người ta thỏa thuận tổng các chữ số 1 của các bit số liệu với bit chẵn lẻ phải là số chẵn khi truyền chữ R (với hai số 1:01010) bit chẵn lẻ phải có giá trị 0. Còn khi truyền chữ *S* (01011) bit chẵn lẻ phải có giá trị 1. Nếu vì nguyên nhân nào đó một bit thay đổi giá trị, sẽ làm cho tổng các chữ số 1 không là chẵn thì máy thu sẽ yêu cầu máy phát phát lại.

Hiện nay trong việc truyền tin của hệ thống điện, người ta sử dụng một số kỹ thuật nhằm nâng cao độ tin cậy của thông tin được truyền. Một trong các kỹ thuật đó là sử dụng giao thức kiểu *HDLC* (Điều khiển liên kết số liệu mức độ cao). Đây là loại giao thức được truyền theo đường dây thông tin liên lạc, nó cho phép điều khiển luồng thông tin trên đường truyền dữ liệu và cung cấp phương pháp giải mã thông tin. Nó có thể được coi như là một kiểu phong bì trong đó thông tin được truyền từ phía phát đến phía thu. Đây là loại giao thức đang được sử dụng rộng rãi. Ngành công nghiệp cũng đã sản xuất những vi mạch chuyên dụng dành cho việc điều khiển loại giao thức này. Đơn vị cơ sở của thông tin trong truyền tin kiểu *HDLC* là bộ khung. Khuôn dạng của khung được trình bày trên hình 10-4.

Cờ mở	Trường địa chỉ (A)	Trường điều khiển (C)	Trường thông tin (I)	Trình tự kiểm tra bộ khung (FCS)	Cờ đóng
01111110	8 hoặc hơn số bit	8 hoặc 16 bit	Độ dài bất kỳ O - N bit	16 bit	01111110

Hình 10-4. Khuôn dạng bộ khung trong giao thức HDLC

Mỗi một khung có 5 trường: trường cờ, trường địa chỉ, trường điều khiển, trường thông tin và trường trình tự kiểm tra bộ khung. Trường cờ (F) xác định điểm đầu và cuối của khung. Chúng được dùng để đồng bộ khung. Cờ mở được dùng như một điểm chuẩn để xác định các trường địa chỉ (A) và điều khiển (C). Trường trình tự kiểm tra bộ khung (FCS) được suy từ trường cờ đóng. Tất cả các cờ có dạng 01111110.

HDLC là loại giao thức xác định theo bit, có nghĩa là đầu thu có khả năng nhận biết cờ vào bất kỳ thời điểm nào. Việc cờ có dạng cơ số 2 có thể gây hiểu nhầm vì trong khung có thể ngẫu nhiên xuất hiện dạng cơ số 2 này làm cho đầu thu nghĩ rằng đã nhận được cờ đóng. *HDLC* xử lý tình huống này bằng thủ thuật gọi là "nhét bit 0". Nó có nghĩa là trong khung đầu phát sẽ tự động nhét bit 0 vào sau mỗi dãy năm số 1 bất kỳ. Do đó dạng cơ số 2 kiểu 01111110 sẽ không được phát ngẫu nhiên. Ở đầu nhận khi phát hiện được cờ mở, máy thu sẽ tự động xóa số 0 sau dãy 5 số 1 liên tục. Điều này nghĩa là khung được truyền về mặt lý thuyết có thể có độ dài lớn hơn 20% so với khung gốc.

Trường địa chỉ được dùng để xác định nơi đến trong mạng lưới truyền dữ liệu đa địa chỉ. Trường điều khiển sẽ thể hiện điều khiển cấp độ kết nối của *HDLC*. Trong các trường hợp chỉ dùng kết nối theo kiểu "điểm-điểm" và không cần thông báo phản hồi thì trường địa chỉ và điều khiển có thể không dùng, thay vào đó là các bit dữ liệu. Tuy nhiên, vì lý do an toàn người ta dùng địa chỉ cố định 10000001 và thông báo sẽ được thừa nhận nếu địa

chỉ gửi đến là đúng. Điều này là để phòng ngừa bit ký sinh bất kỳ xuất hiện giữa các khung được hiểu nhầm như một thông báo vì trường thông tin không do thiết bị *HDLC* diễn giải. Ở đây chứa các số liệu về dòng, áp, thời gian, các trạng thái của máy cắt và các thiết bị khác v.v... và do bộ xử lý ở đầu thu nhận biết theo khuôn dạng định sẵn.

Trường trình tự kiểm tra khung (*FCS*) có 16 bit đặt ở trước cờ đóng. Trường này được dùng cái gọi là sự *kiểm tra phần dư theo định kỳ* (CRC) để phát hiện lỗi. Nó cùng với các trường trước tạo thành một số đặc biệt, nếu số này khớp với mẫu ở đầu thu, khung nhận được sẽ được coi là đúng (tương tự như kiểm tra bit chẵn, lẻ).

Cờ đóng sẽ kết thúc khung. Khi cờ này được nhận, đầu thu biết rằng 16 bit trước là *FCS* và các bit giữa trường điều khiển và *FCS* sẽ là trường thông tin.

Trong một số các bảo vệ rơle có sử dụng thông tin liên lạc như bảo vệ so lệch đường dây, bảo vệ khoảng cách, bảo vệ quá dòng theo cấp có sử dụng cắt liên động hoặc tín hiệu khóa v.v... yêu cầu về độ an toàn truyền tin được đặt lên hàng đầu. Vì vậy người ta sử dụng nhiều cấp độ kiểm tra độ toàn vẹn của thông tin gửi đến trước khi tiếp nhận chúng cho mục đích bảo vệ.

Một thông báo sẽ bị từ chối nếu nó không qua được các kiểm tra sau:

- Byte địa chỉ không đúng;

- Kiểm tra theo *CRC* thực hiện bởi bộ điều khiển giao thức *HDLC* sẽ phát hiện tất cả các lỗi 1 bit và phần lớn các lỗi nhiều bit.

- Kiểm tra độ dài của thông báo so với thông báo chuẩn. Hầu hết các lỗi nhiều bit qua được *CRC* sẽ bị dừng ở lần kiểm tra này.

- Trong trường thông tin có gắn nhãn thời gian. Các thông báo gửi đến phải phù hợp về trình tự thời gian. Nhãn thời gian mới được giữ lại để kiểm tra thông báo sau.

- Thông báo mới sẽ bị xóa nếu bộ vi xử lý truyền tin còn đang bận làm việc với thông báo trước vì trong điều kiện bình thường, bộ vi xử lý truyền tin được thiết kế sao cho nó kết thúc việc xử lý thông báo cũ trước khi nhận được thông báo mới.

- Mỗi lần nhận thông báo, đầu nhận sẽ tính thời gian truyền từ đầu thu đến đầu nhận. Nếu sai số quá lớn so với chuẩn thì thông báo bị từ chối.

- Mọi thông tin trạng thái và điều khiển hệ thống điện được kiểm tra hai lần. Điều này có nghĩa chúng được chấp nhận nếu giống nhau không thay đổi trong hai thông báo sát nhau.

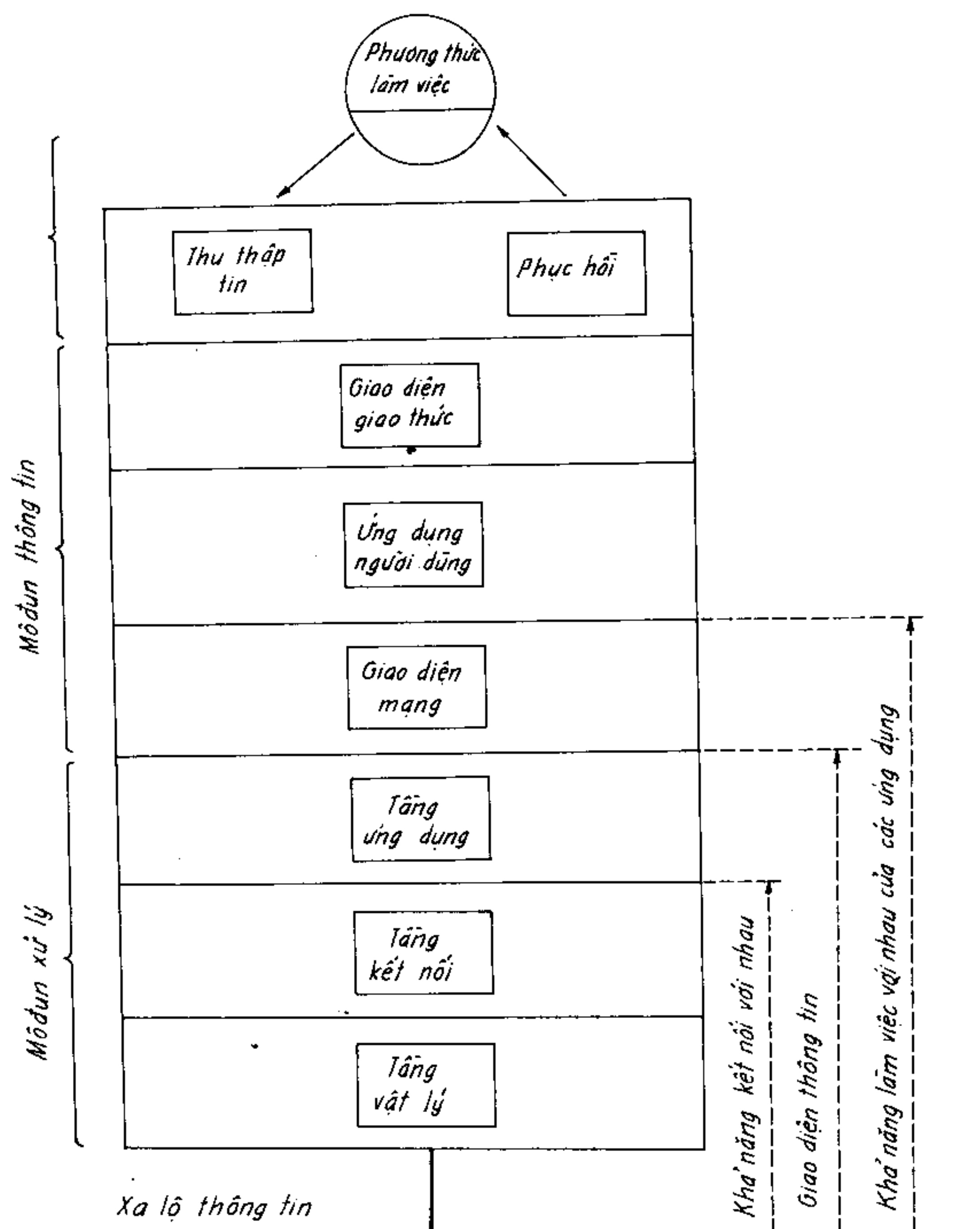
10.2.5. Khái niệm về hệ thống thông tin có cấu trúc mở

Một trong những đặc điểm khá rõ nét của hệ thống thông tin dùng trong vận hành hệ thống điện Việt Nam là tính chắp vá và thiếu đồng bộ do vốn đầu tư cũng như kiến thức đầu tư của ta trong lĩnh vực này còn khá ít ỏi. Một trong những giải pháp khắc phục các yếu kém trên là chỉ sử dụng các hệ thống thông tin có cấu trúc mở.

Hệ thống thông tin có cấu trúc mở là hệ thống có khả năng kết hợp trong cùng một ứng dụng các thiết bị có nguồn gốc khác nhau, cho phép nâng cấp chức năng mà không cần thay đổi đặc biệt cấu trúc phần cứng và ghép nối được với các hệ thống sẽ phát triển trong tương lai.

Muốn vậy các phần tử trong hệ thống phải có chung một tiêu chuẩn về ghép nối phần cứng, về mức và dạng tín hiệu, về phương thức trao đổi thông tin qua lại hoặc sử dụng các phương tiện giao diện cho phép các phần tử đó có thể làm việc với nhau..

Đối với các phần tử thao tác như các thiết bị tự động hoặc bảo vệ rơle, người ta thường



Hình 10-6. Mô hình thiết bị thông tin có cấu trúc mở

chuẩn hóa các tín hiệu đầu vào/đầu ra. Thí dụ nguồn dòng từ các biến dòng điện được chuẩn hóa ở mức 1 A và 5 A. Nguồn áp cho các đầu vào lôgic có các mức 24, 48, 100, 110, 220 V dòng một chiều. Các bộ cảm biến như đo nhiệt độ, áp suất, lưu lượng cho nguồn dòng 4÷20 mA v.v... Các tiếp điểm đầu ra của rơle thường làm việc với dòng danh định khoảng 5÷8 A hoặc chịu được dòng, thí dụ 30 A trong 0,5 s v.v...

Đối với các thiết bị thông tin, khái niệm "cấu trúc mở" được xác định bởi kiểu mạng thông tin liên lạc (phương thức nối, mức dòng áp, giao thức) kiểu thông báo qua lại và phương thức hoạt động của các thiết bị nhận tin. Nếu kiểu mạng thông tin liên lạc có thể dễ dàng được chuẩn hóa thì các đặc tính khác (kiểu thông báo, phương thức hoạt động...) ít được chuẩn hóa và khó đạt được sự nhất trí cao giữa các nhà sản xuất. Trên hình 10-5 trình bày mô hình của một thiết bị thông tin có cấu trúc mở.

Khả năng kết nối với nhau của hệ thống thông tin là khả năng ghép nối thông tin của nó trong một số ứng dụng khác nhau. Tuy nhiên các ứng dụng đó cần phải nhận biết được đối tượng và qui trình vận hành thông tin và thích ứng được với chúng. Muốn vậy ở đây cần có sự phù hợp về kích cỡ của các phần tử ghép nối. Thí dụ như số lượng dây dẫn, kích thước giắc cắm của các thiết bị thu và phát phải phù hợp với nhau...

Khả năng làm việc với nhau của hệ thống thông tin là khả năng cùng làm việc với nhau của các ứng dụng mà không cần nhận biết đối tượng và qui trình vận hành của hệ thống thông tin. Nó được bảo đảm bởi giao diện mạng, nơi thực hiện sự tương hợp giữa các đối tượng ứng dụng và đối tượng thông tin. Khả năng làm việc với nhau của các thiết bị cần đến khả năng kết nối với nhau giữa chúng. Nếu một trung tâm điều độ quản lý nhiều thiết bị đầu cuối có các giao thức truyền tin khác nhau, thì tại đây phải lắp đặt thiết bị chủ được trang bị phần mềm giao diện đa giao thức, cho phép hiểu và xử lý được tất cả các gói thông tin truyền đến, cũng như phát các lệnh điều khiển mà các thiết bị đầu cuối có thể xử lý được.

Khả năng làm việc với nhau của các ứng dụng là khả năng hợp tác với nhau của chúng. Thí dụ đối với rơle khoảng cách, khi có sự cố, nó sẽ gửi thông báo sự kiện về trung tâm vận hành và đợi tín hiệu giải trừ. Khả năng làm việc với nhau của các ứng dụng cần đến khả năng làm việc với nhau của hệ thống thông tin cộng với mức độ chuẩn hóa nào đó của thông tin và chức năng được thao tác trong các ứng dụng đó.

Sự chuẩn hóa thông tin được thực hiện bằng cách định nghĩa cú pháp (khuôn dạng), và ngữ nghĩa (ý nghĩa) của các dữ liệu được truyền (thí dụ, cường độ dòng điện được mã hóa bởi toàn bộ 16 bit thông tin). Việc chuẩn hóa này yêu cầu phải hiểu biết rất kỹ lưỡng về dạng ứng dụng (nhận biết các chức năng), đưa nó vào thiết kế của hệ thống và cuối cùng xác định được sự trao đổi qua lại giữa các chức năng. Để thực hiện được điều này cần dung hòa hai yêu cầu trái ngược xét theo quan điểm giữa nhà sản xuất và người sử dụng.

10.3. HỆ THỐNG BẢO VỆ VÀ ĐIỀU KHIỂN TỪ XA SỬ DỤNG ĐƯỜNG DÂY TẢI ĐIỆN

10.3.1. Khái niệm chung

Việc sử dụng đường dây tải điện để truyền thông tin bảo vệ và điều khiển từ xa xuất phát từ những nguyên nhân sau:

- Có lợi về mặt kinh tế vì không cần xây dựng đường dây truyền riêng.
- Độ tin cậy cơ học cao, có được chế độ kiểm tra sửa chữa thường xuyên.

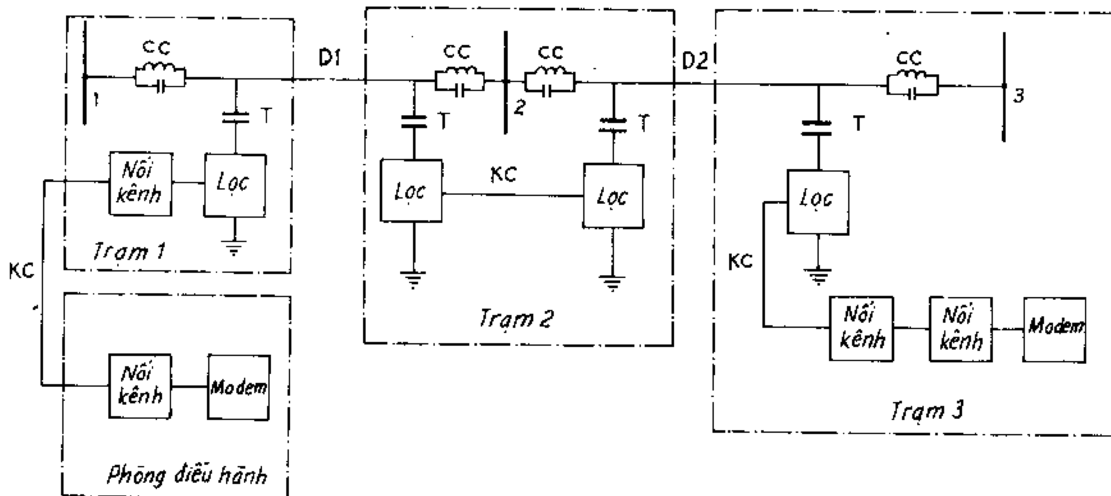
Nhưng khi tải thông tin qua đường dây tải điện lại gặp phải những khó khăn như: độ nhiễu tuyến tính cao, thông số không ổn định của mạng lưới điện do đóng ngắt mạch các đường dây cục bộ.

Các kênh thông tin sử dụng đường dây tải điện được chia thành các kênh cao tần (30-1000 kHz), trung tần (5-30 kHz), hạ tần (0,2-5 kHz) và dưới âm tần (5-200 kHz) phụ thuộc vào mức độ cao áp của đường dây. Đường dây 35-220 kV thường sử dụng các kênh cao tần, 10-35 kV các kênh trung tần, còn dưới 10 kV sử dụng kênh hạ tần và dưới âm tần.

10.3.2. Các kênh cao tần

Sơ đồ nguyên lý của kênh tải thông tin cao tần *(PLC)* được trình bày trên hình 10-6.

Thông tin được trao đổi giữa hai môđem có sử dụng dây tải điện *D*1 và *D*2 cũng như đường kênh cao tần *KC* giữa các trạm điện *N*1, *N*2, *N*3 và phòng điều hành. Khi thông tin chạy qua điểm nút (rẽ nhánh) của dây tải điện, để tránh tổn hao tín hiệu, sẽ được tách riêng theo kênh cao tần *KC* như ở nút 2 trên hình 10-6. Để tránh tác động của dòng điện thấp tần trên dây tải điện người ta sử dụng tụ liên kết *T* và bộ lọc ghép nối chỉ cho phép các tín hiệu cao tần qua.



Hình 10-6. Kênh thông tin cao tần dùng dây tải điện (PLC)

Ở đây *CC* là cuộn chặn được sử dụng trong các hệ thống *PLC* ở đầu các đường dây tải điện, nhằm giảm tổn hao công suất tín hiệu *PLC* khi đi qua máy biến áp hoặc cuộn kháng. Đây thực chất là bộ lọc chặn dưới dạng mạch mắc song song cuộn dây và tụ cho phép tạo ra tổng trở cao đối với tần số tín hiệu *PLC* nhưng lại có tổng trở rất thấp đối với tần số dòng điện được tải (50 hoặc 60 Hz). Cuộn chặn có hai loại: cuộn chặn đơn tần cho một kênh thông tin và cuộn chặn dải tần rộng cho thông tin đa kênh. Trên hình 10-7 lần lượt trình

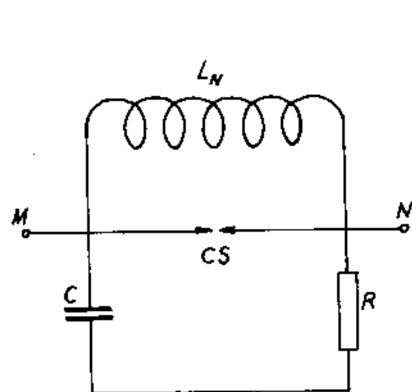
bày sơ đồ và đặc tuyến tổng trở phụ thuộc tần số của cuộn chặn đơn tần (a, b) và cuộn chặn dải tần rộng (c, d).

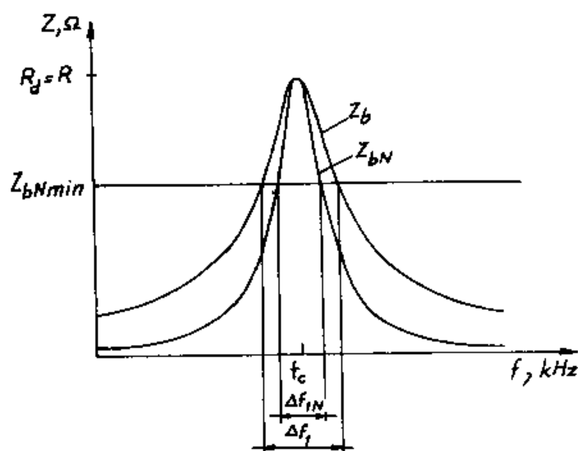
Tần số chặn của cuộn chặn đơn tần:

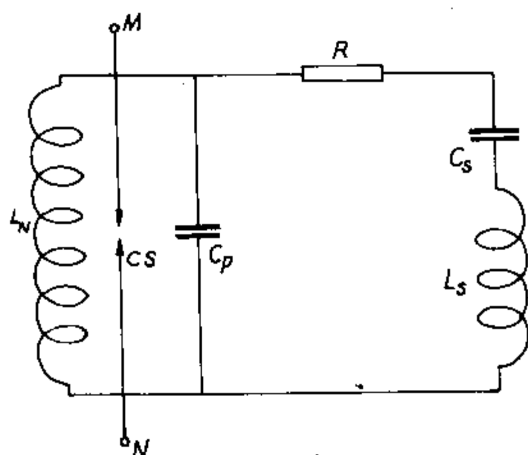
$$f_c = \frac{1}{2\pi.\sqrt{L_N.C}} \tag{10-1}$$

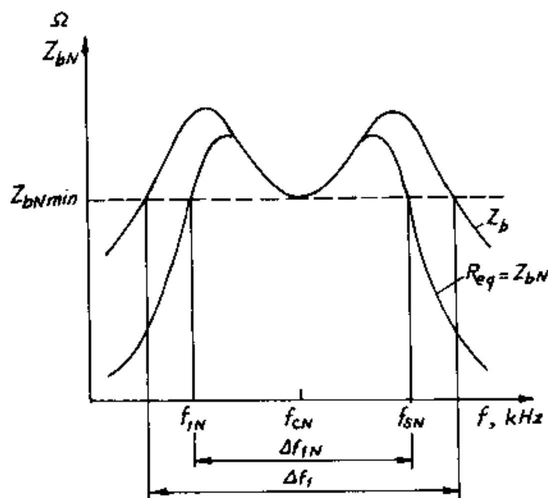
Tần số chặn của cuộn chặn dải tần (theo tiêu chuẩn *IEC*-353):

$$f_{CN} = \sqrt{f_{SN}.f_{iN}} \tag{10-2}$$









Hình 10-7. Sơ đồ và đặc tuyến tổng trở của cuộn chặn đơn tần (a, b) và cuộn chặn dải tần rộng (c, d) CS - thanh chống sét; R_d = R - điện trở động của mạch cuộn chặn; L_N - hệ số tự cảm (cỡ 0,1 - 2 mH); Z_b - tổng trở chặn của cuộn chặn; Z_{bN} - tổng trở chặn danh định của cuộn chặn; Δf_1 và Δf_{1N} - dải tần chặn và dải tần chặn danh định của cuộn chặn.

$$\Delta f_{1N} = \frac{\omega_{CN} \cdot L_N \cdot f_{CN}}{Z_{hN}} \tag{10-3}$$

f_{SN}, f_{IN}, f_{CN} - tần số lớn nhất, nhỏ nhất và trung bình danh định.

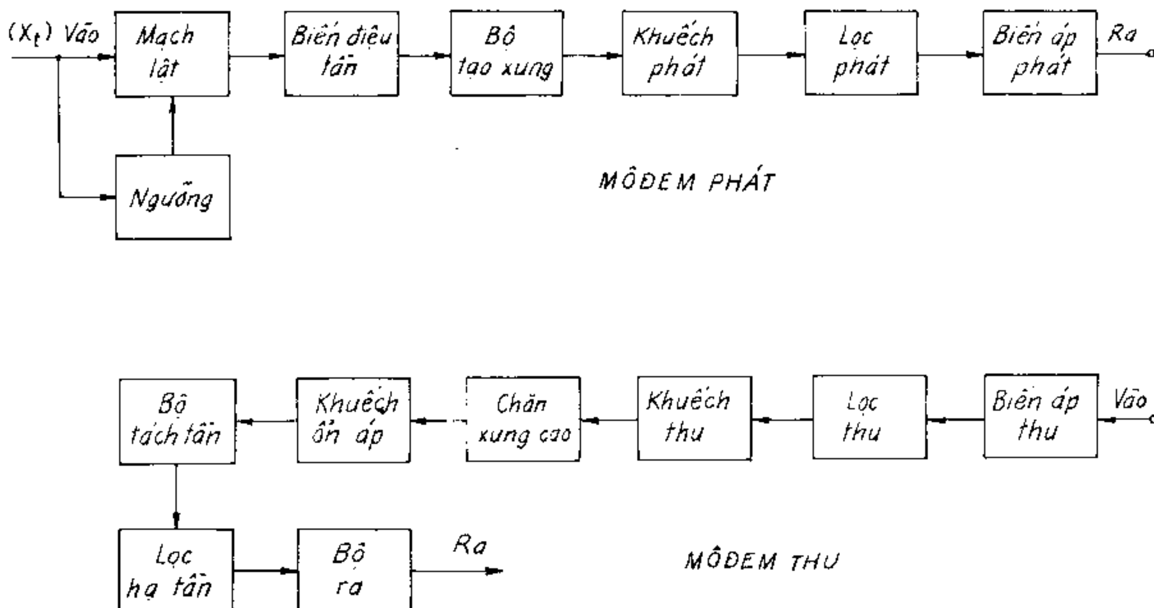
Dải tần chặn của cuộn chặn trên thực tế vào khoảng từ 50 kHz đến 90 kHz.

Các tụ lọc liên kết T (hình 10-6) là phần tử chính của thiết bị ghép nối các máy thu phát kênh cao tần với đường dây tải điện. Phần cách điện trong tụ liên kết được làm bằng giấy đặc chủng tẩm dầu. Phần ngoài của tụ điện được làm bằng sứ (đối với thiết bị ghép nối với dây pha 35 kV hoặc cao hơn) và bằng kim loại (đối với dây pha lưới phân phối đến 35 kV và dây chống sét của đường dây siêu cao áp). Bộ lọc ghép nối và tụ liên kết tạo thành bộ lọc dải tần với dải thông cho trước và đảm bảo sự tương thích tổng trở vào của đường dây điện đối với cáp cao tần *KC*. Các kênh cao tần được phân biệt bởi bộ lọc phân định trước khi vào môđem. Bộ lọc này đảm bảo cho chế độ làm việc đồng thời của các thiết bị liên lạc điện thoại, các kênh truyền tín hiệu bảo vệ rơle, tự động hóa chống sự cố và điều khiển từ xa.

10.3.3. Nguyên lý làm việc của môđem dùng biến điệu tần (SFK)

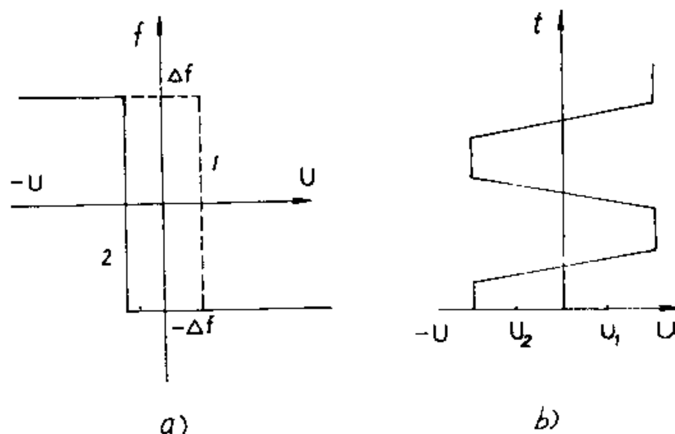
Như trên đã đề cập, trong thực tế ngoài môđem biến điệu tần còn có môđem biến điệu biên độ và môđem biến điệu pha. Tuy nhiên trong điều kiện làm việc với nhiễu môđem biến điệu tần được sử dụng rộng rãi hơn cả. Sơ đồ nguyên lý của môđem thu phát loại này được trình bày trên hình 10-8.

Để tránh nhiễu ở bộ phận phát người ta đặt ngưỡng đầu vào, nếu tín hiệu nhỏ hơn ngưỡng, máy phát phát ra tần số đặc trưng F_A chứng tỏ không có tín hiệu. Nếu tín hiệu được mã hóa, thí dụ theo mã ASCII, 2 mức là - $U_{chuẩn}$ và + $U_{chuẩn}$, lớn hơn ngưỡng (xem



Hình 10-8. Sơ đồ của các môđem thu - phát

mục 10.2.3) được đưa vào thì mạch lật cho phép biến điệu tần làm việc. Trên hình (10-9 a,b) giới thiệu đặc tính biến điệu tần và tín hiệu đầu vào $U(t)$. Khi $U > |U_1|$ (hoặc $|U_2)|$) tần số đầu ra của biến điệu tần thay đổi đột ngột từ $f_o + \Delta f$ sang $f_o - \Delta f$ hoặc ngược lại. Như vậy tín hiệu biên độ được chuyển sang tín hiệu tần số và không phản ứng với các giá trị nhỏ của nhiễu. Tín hiệu được biến điệu tần sẽ được khuếch đại lên cho tương thích và đưa vào kênh truyền tải chuyển đến cho môđem thu, ở đây diễn ra quá trình ngược lại. Tín hiệu hữu ích trước khi được tách khỏi sóng mang ở bộ tách tần phải được loại bỏ những xung kim và ổn áp. Tín hiệu hạ tần trước khi đến người nhận phải lọc hết nhiễu rồi đưa đến đầu ra để hiển thị.

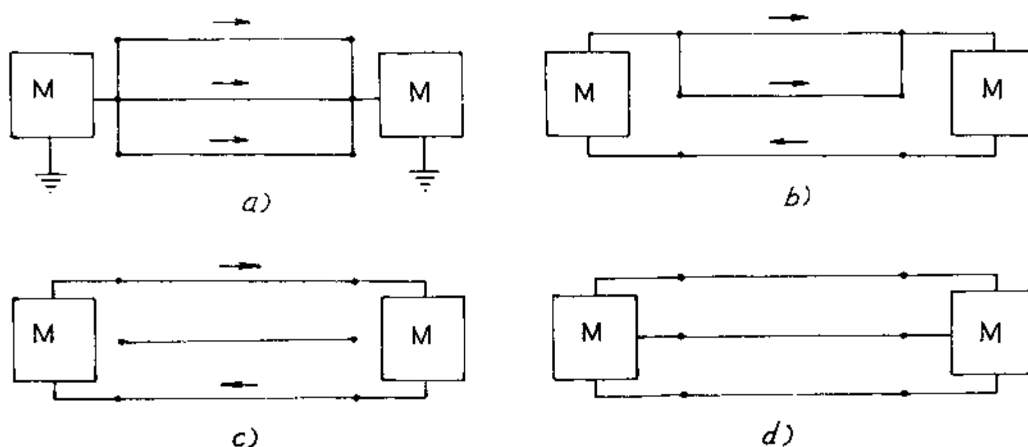


Hình 10-9. Biến đổi tín hiệu trong môđem phát

10.3.4. Sơ đồ mắc môđem vào đường dây tải điện dưới 10 kV

Các môđem sử dụng đường dây hạ thế thường có tần số làm việc khoảng 5- 6 kHz. Tùy theo cách mắc của đường dây tải điện, các môđem được mắc theo sơ đồ sau:

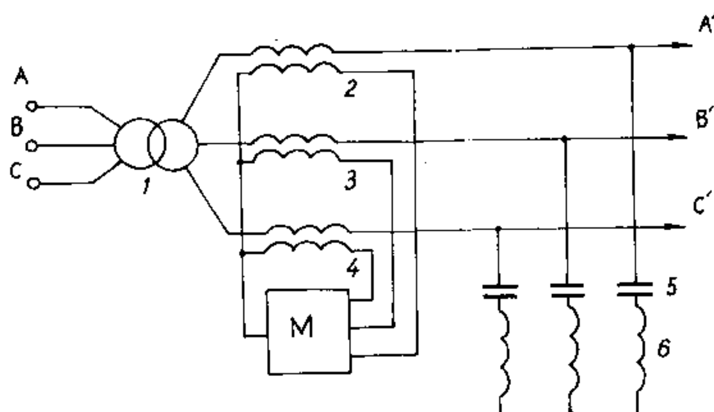
Trên hình 10-10a môđem được mắc theo sơ đồ "3 pha đất", trong đó tín hiệu của môđem được truyền từ điểm *A* đến điểm *B* theo các dây pha (1-3) và trở về điểm *A* theo dây đất. Sơ đồ này thường dùng cho đường dây tải điện ba pha có điểm trung tính nối đất. Trên hình 10- 10b, môđem được mắc theo sơ đồ "pha- pha". Tín hiệu từ *A* đến *B* được truyền



Hình 10-10. Cácg mắc môđem với đường dây tải điện

theo một pha và trở về theo pha khác, pha thứ ba không sử dụng.

Theo sơ đồ "hai pha-pha" (hình 10-10c) tín hiệu được truyền đi theo pha *1* và *2* liên kết với nhau và trở về theo pha thứ *3*. Chú ý ở đây pha *1* và *2* được nối liên kết với nhau chỉ đối với tín hiệu tần số cao.



Hình 10-11.

Trên hình 10-10d trình bày sơ đồ mắc môđem "ba pha" trong sơ đồ này tín hiệu lan truyền theo cả 3 pha đường dây 10 kV giống như dòng điện công nghiệp, ngoài ra các dòng tín hiệu điều khiển từ xa tại các pha lệch nhau một góc 120°. Thí dụ về cách mắc môđem theo kiểu này trình bày trên hình 10-11. Cách mắc môđem vào lưới 10 kV (*A, B, C*) được thực hiện thông qua lưới hạ thế 0,4 kV (*A' B', C'*) qua bộ tăng áp ba pha *1*.

Khung dao động (gồm tụ *5* và cuộn dây *6*) được chỉnh theo tần số làm việc của môđem *M*, bảo đảm sự làm việc ổn định của kênh tín hiệu điều khiển từ xa trong đều kiện làm việc nhiều nhiễu của đường dây tải điện.

10.4. TRUYỀN TIN BẰNG CÁP QUANG DẪN

10.4.1. Ưu nhược điểm của cáp quang dẫn

Người ta đã tiến hành các công việc nhằm ứng dụng cáp quang dẫn để truyền tin trong ngành điện lực từ giữa những năm 1970. Cho đến nay tốc độ phát triển các hệ thống thông tin dùng cáp quang dẫn rất cao, trước hết là vì những ưu điểm sau đây của chúng:

- Dải tần rộng cho phép tải nhiều kênh thông tin cùng một lúc.
- Tốc độ truyền tin cao hơn hẳn các phương pháp truyền tin trước đây.
- Độ tin cậy truyền tin cao, ít bị nhiễu, không chịu ảnh hưởng của trường điện từ của các đường dây tải điện cao áp và siêu cao áp.
- Độ suy giảm tín hiệu thấp so với dùng dây dẫn kim loại.
- Tận dụng được các ưu điểm của kỹ thuật số.
- Trọng lượng nhẹ, kích thước không lớn.

Tuy nhiên khi sử dụng cáp quang dẫn cần lưu ý những khó khăn sau đây:

- Là sản phẩm kỹ thuật cao, khó tiếp cận.
- Giá thành đầu tư cao.
- Cáp quang dẫn ít chịu được các tác động cơ học như va đập, uốn gãy khúc, v.v...
- Lắp ghép các đoạn dây tương đối phức tạp.
- Khi có sự cố thường gây thiệt hại lớn về kinh tế do việc truyền khối lượng thông tin

lớn bị gián đoạn.

10.4.2. Một số đặc điểm của dây quang dẫn dùng trong ngành điện lực

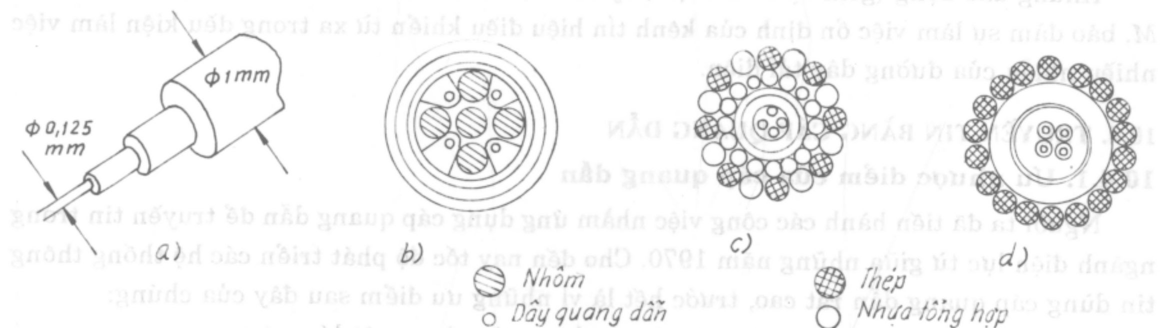
Trong ngành điện lực, việc mắc cáp quang dẫn được thực hiện bằng cách treo trên không hoặc chôn ngầm dưới đất. Việc treo cáp trên không thường sử dụng cột của đường dây tải điện và sử dụng các phương thức sau:

- Cáp quang dẫn tách biệt nằm trong dây pha hay dây chống sét của các đường dây tải điện.
- Cáp quang dẫn tự treo mắc cùng trên các cột điện.
- Cáp quang dẫn quấn trên các dây pha hoặc dây chống sét.

Phương án quấn xoắn ốc dây quang dẫn trên dây pha (có thể thực hiện quấn trên dây chống sét nhưng dây quang dẫn dễ bị hư hại khi bị sét đánh) được nhiều nước chú ý vì những ưu điểm sau:

- Khả năng mắc trên đường dây tải điện đã có trong thời gian tương đối ngắn;
- Trọng lượng thêm vào đường dây và cột điện không lớn;
- Chi phí cho việc mắc dây rất rẻ.

Tùy theo phương thức đặt cáp mà cấu tạo của cáp quang dẫn có thể thay đổi. Hiện nay người ta thường sử dụng các cáp quang có 2, 4 hoặc 6 lõi quang dẫn. Riêng phần dẫn quang chỉ có đường kính khoảng 0,125 mm, còn lại là các bộ phận chèn đệm, chống nhiệt, chống đứt giãn và bảo vệ chống va đập bên ngoài.



Hình 10-12. Cấu tạo của dây quang dẫn

Trên hình 10- 12a trình bày lõi dây quang dẫn được bọc lớp vỏ silic và phủ ngoài bằng lớp nhựa bảo vệ. Trên hình 10- 12b giới thiệu loại cáp quang của Nhật (hãng Năng lượng Chubu) để treo trên không cũng như chôn ngầm dưới đất. Trên hình 10- 12c giới thiệu loại cáp quang đặt trong dây chống sét của Thụy Sĩ. Trên hình 10- 12d trình bày loại cáp quang dẫn đặt trong dây pha của Anh.

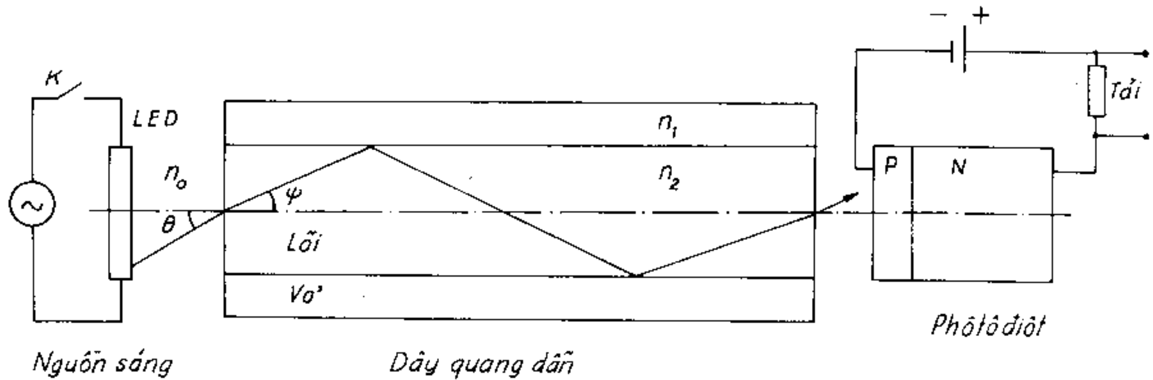
10.4.3. Nguyên lý làm việc của thiết bị quang dẫn

Dây quang dẫn thực chất là dây tiết diện tròn trong suốt được làm từ ôxyt silic tinh chất. Ánh sáng được truyền đi và giữ trong dây này không bị hao tổn nhờ sự phản xạ của ánh sáng ở bề mặt tiếp xúc của dây với môi trường thứ hai làm từ vật liệu trong suốt có hệ

số khúc xạ thấp hơn được dùng làm vỏ.

Trên hình 10-13 trình bày nguyên lý làm việc của một thiết bị quang dẫn.

Khi đóng khóa *K* (thực chất là một khóa điện tử) nguồn sáng là một điôt phát quang



Hình 10-13. Nguyên lý làm việc của thiết bị quang dẫn

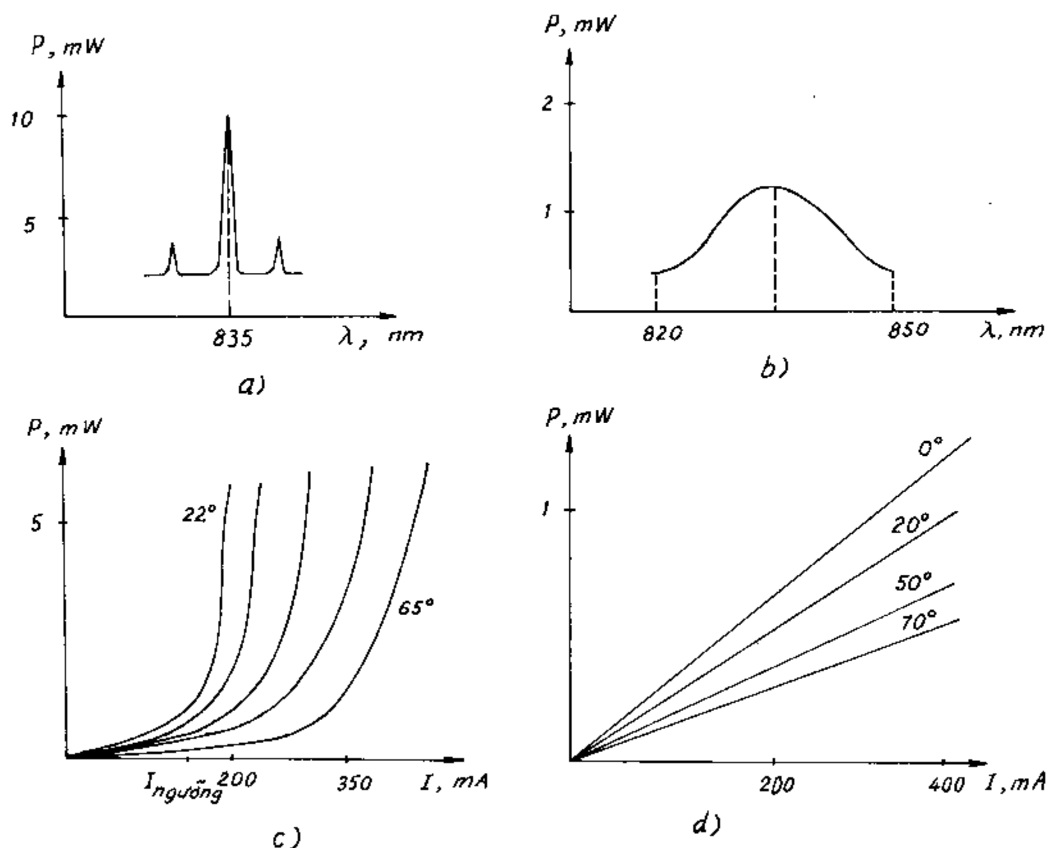
(*LED*) sẽ phát tia sáng qua môi trường không khí hoặc thấu kính hình cầu tới dây quang dẫn với góc tới nhỏ hơn giá trị ngưỡng θ (gọi là đặc tính *NA* của cáp quang: $NA = n_0\sin\theta \approx \theta$) thường nhỏ hơn 12^0, ánh sáng sẽ được phản xạ hoàn toàn tại bề mặt tiếp xúc giữa lõi và vỏ với hệ số khúc xạ tương ứng là n_2 và n_1 ($n_2 > n_1$). Khi ánh sáng được truyền tới đầu nhận, bộ phát hiện ánh sáng dưới dạng một phôtôđiôt kiểu bán dẫn có lớp tiếp xúc *PN* sẽ cho phép dòng điện chạy qua. Khi đó trên điện trở tải sẽ xuất hiện điện áp đầu ra. Nếu khóa *K* được đóng ngắt theo qui luật của tín hiệu telex hay biến điệu mã xung (*PCM*) thì ở đầu nhận sẽ xuất hiện các tín hiệu tương ứng, như vậy thiết bị quang dẫn đã thực hiện được chức năng truyền tin.

10.4.4. Các bộ nguồn phát sáng cho thiết bị quang dẫn

Tùy theo tốc độ và mã truyền tin, độ dài dây quang dẫn và các yêu cầu khác mà người ta có thể sử dụng các điôt phát quang (*LED*) hay điôt laze (*LD*) dùng vật liệu bán dẫn để làm nguồn phát sáng. Ưu điểm của điôt laze là nguồn phát xạ cao, dễ dàng biến điệu ở dải tần gigahec (GHz), kích thước nhỏ và giá thành hạ. Tuy nhiên, nó đòi hỏi yêu cầu chặt chẽ về điều kiện làm việc, thí dụ, các đặc tính của nó phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ môi trường. Chính vì vậy điôt phát quang với cấu tạo đơn giản, ít chịu ảnh hưởng của môi trường, có thể được dùng cho việc truyền tin ở khoảng cách ngắn.

Trong điôt phát quang, dưới tác dụng của điện trường, các hạt mang điện sẽ phát quang khi vượt qua lớp tiếp xúc *n-p* theo nguyên tắc phát xạ tự nhiên. Trong điôt laze, các điện tử trong các lớp bán dẫn, dưới tác dụng của điện áp bên ngoài sẽ nhảy lên mức năng lượng cao hơn và khi trở về sẽ phát ra sóng ánh sáng theo nguyên lý phát xạ kích thích. Vì các mức năng lượng của điện tử là rời rạc nên sóng ánh sáng phát ra có phổ sóng rất hẹp (hình 10-14a) kiểu đơn sắc với độ rộng nhỏ hơn một bậc (1 đến 1,5 nm) so với độ rộng của phổ sóng điôt phát quang (rộng tới 30 ~ 40 nm, hình 10-14b). Trong hình *P* là công suất ánh sáng phát ra, đối với mục đích thông tin liên lạc thường từ 3 đến 10 mV (điôt laze);

λ - bước sóng ánh sáng. Đối với các nguồn sáng dùng vật liệu bán dẫn, công suất ánh sáng phát ra mạnh nhất trong khoảng bước sóng từ 800 đến 900 nm và 1000 đến 1700 nm tùy theo từng loại vật liệu (bảng 10-2). Trên hình 10-14c,d trình bày đặc tuyến phụ thuộc của



Hình 10-14. Phổ và đặc tuyến công suất của điôt laze (a,c) và của điôt phát quang (b,d)

công suất ánh sáng phát ra đối với dòng chạy qua và nhiệt độ của lớp đồng tản nhiệt đặt tại lớp tiếp xúc *n - p* đối với điôt laze và điôt phát quang. Ta thấy rằng tồn tại dòng làm việc ngưỡng $I_{ngưỡng}$ đối với điôt laze, vượt quá giá trị đó điôt laze mới cho công suất phát sáng mạnh.

Tùy theo cấu tạo lớp *n-p* của điôt laze (*LD*), chúng có thể được phân loại thành điôt có một lớp tiếp xúc thuần nhất, có một hay nhiều lớp tiếp xúc không thuần nhất. Tùy theo dạng tín hiệu thông tin, *LD* có thể chia thành loại phát sáng liên tục (*CW*) và sáng xung (*PW*). Tùy theo hướng phát sóng ánh sáng so với mặt phẳng tiếp xúc *n-p*, *LD* có thể phân thành loại dọc, bên và ngang. Loại ngang phát ánh sáng vuông góc với mặt phẳng lớp tiếp xúc.

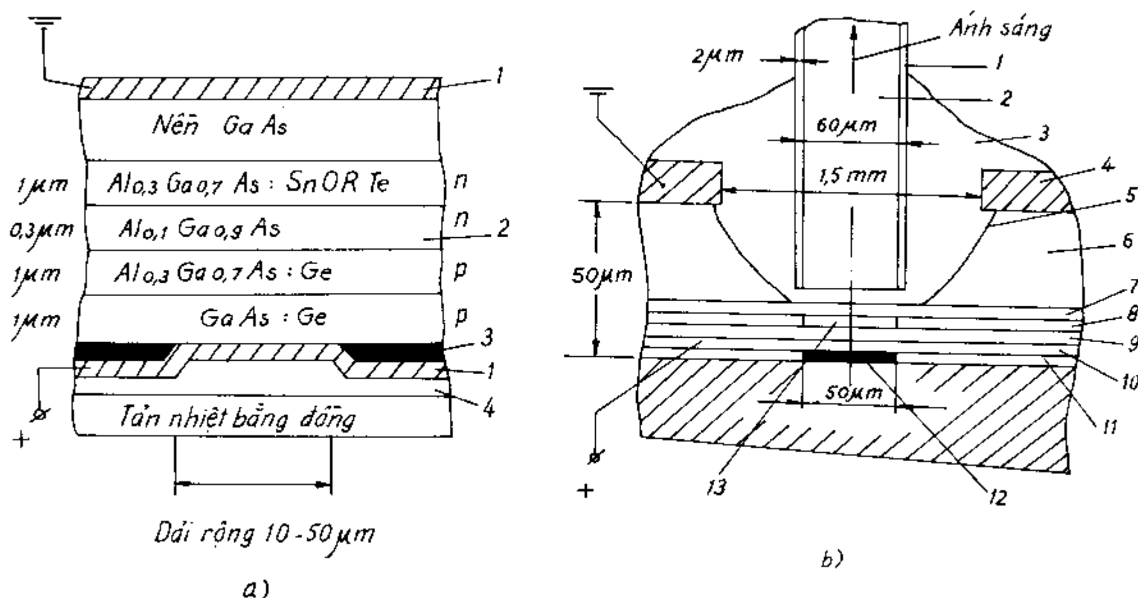
Trong bảng 10-2 trình bày các loại vật liệu bán dẫn dùng cho lớp *n - p* và vật liệu nền cùng với các bước sóng phát ra của điôt laze tương ứng.

Các chỉ số phía dưới các nguyên tố dùng để chỉ thành phần của hỗn hợp chất bán dẫn (1 tương ứng với vật liệu đồng nhất) của điôt laze (*LD*).

Bảng 10-2.

Bước sóng phát ra (nm)	Vật liệu bán dẫn	Vật liệu nền
1000 ÷ 1100	$In_{0,2}Ga_{0,8}As$	GaAs
	$GaAs_{0,85}Sb_{0,15}$	GaAs
1000 ÷ 1700	$In_xGa_{1-x}As_xP_{1-x}$	InP
880 ÷ 910	GaAs	GaAs
820	$Al_{0,12}Ga_{0,88}As$	GaAs
	$GaAs_{0,86}P_{0,14}$	GaAs

Trên hình 10-15a trình bày mặt cắt ngang của một điôt laze điển hình. Phần phát sáng sẽ xuất hiện ở lớp bán dẫn *n - p* số *2* trong khoảng rộng từ 0,01 đến 0,05 mm dưới tác dụng của điện trường đặt vào hai bản cực kim loại số *1*, còn số *3* là lớp ôxyt điện trở cao và số *4* là lớp hàn kết dính.



Hình 10-15. Cấu tạo của điôt laze (a) và điôt phát quang (b).

Phương chiều ánh sáng phát ra song song với mặt phẳng tiếp xúc. Tùy theo chiều phát sáng mà điôt phát quang (*LED*) có thể chia thành loại phát theo diện và loại phát theo cạnh. Loại phát theo diện có phương phát sáng theo chiều vuông góc với mặt phẳng tiếp xúc *n - p*, còn loại phát theo cạnh có phương song song với mặt phẳng đó.

Trên hình 10-15b trình bày cấu tạo của một điôt phát quang theo diện. Vùng tạo sáng được đặt gần lớp tản nhiệt. Người ta dùng axit khắc một hốc lõm *5* để đặt cáp quang. Cấu trúc của điôt phát quang bao gồm: 1- vỏ; 2 - cáp quang; 3 - lớp gắn êpôxy; 4 - cực kim loại;; 5 - hốc lõm; 6 - lớp GaAs kiểu *n*; 7 - lớp $Al_xGa_{1-x}As$ dày 10μm; 8 - lớp phát xạ $Al_xGa_{1-x}As$ dày 1μm; 9- lớp $Al_xGa_{1-x}As$ kiểu *p* dày 1 μm; 10-lớp GaAs kiểu *p* dày 0,5 μm để

đặt tiếp điểm; 11 - lớp SiO_2; 12 - tiếp điểm kích thước 50 μm; 13 - khu vực phát sáng chính.

Bảng 10-3 trình bày số liệu so sánh các loại điôt phát quang khác nhau.

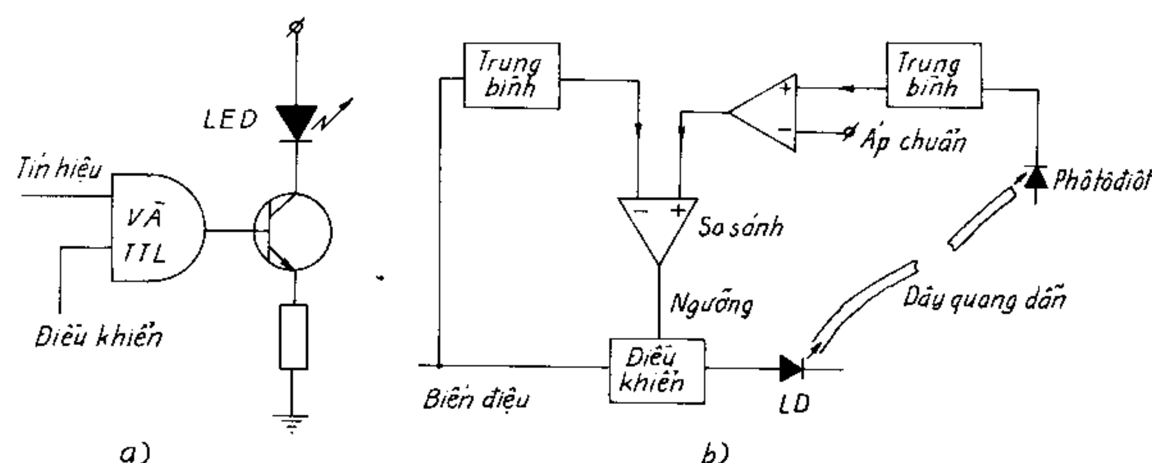
Bảng 10-3.

Vật liệu	Độ dài bước sóng, nm	Chiều phát sáng	Độ sáng W /cm² tại dòng, mA	Công suất phát lớn nhất, mW	Dải biến điệu cực đại MHz	Công suất sáng trong dây quang dẫn, mW với NA = 0,15
GaAs	900	Phát diện	25(300)	-	450	-
InGaAs	1060	Phát diện	15(100)	-	150	-
InGaAs P/InP	1200	Phát diện	50 (100)	~6	30	-
AlGaAs	850	Phát diện	100 (150)	14	10	0,21
AlGaAs	850	Phát cạnh	1000 (450)	8	200	0,85
AlGaAs	820	Phát diện	200(300)	15	17	-

Bảng 10-4 trình bày các dạng sự cố của điôt laze và điôt phát quang cùng các nguyên nhân gây ra sự cố. Biểu hiện bên ngoài của sự cố là điôt không có khả năng phát quang, giảm độ sáng, tăng dòng ngưỡng...

Bảng 10-4.

Kiểu sự cố	Điôt liên quan	Nguyên nhân
1. Tổn hại nhanh mặt phát sáng	LD	- Cường độ ánh sáng quá mạnh - Xung sáng quá đột ngột (độ dài xung ngắn)
2. Ăn mòn mặt phát sáng	LD	- Cường độ ánh sáng quá mạnh - Môi trường
3. Hư hỏng từ từ bên trong	LD, LED	- Cường độ dòng lớn - Nhiệt độ
4. Tiếp điểm bị biến chất	LD, LED	- Cường độ dòng lớn - Nhiệt độ



Hình 10-16. Sơ đồ bộ phát tín hiệu quang: a. Dùng LED và b. Dùng LD

Các nguồn sáng sử dụng trong thiết bị quang dẫn thực chất là các thiết bị tổng trở thấp và có dòng tiêu thụ lớn. Dòng làm việc thường lớn hơn 100 mA và tổng trở khoảng vài ohm. Vì vậy, để chúng làm việc có hiệu quả cần phải sử dụng loại tranzito dòng lớn, điện trở thấp trong mạch khuếch đại như trên hình 10-16a. Trên hình 10-16b trình bày sơ đồ điều khiển mạch phát sáng laze có hồi tiếp để điều chỉnh độ sáng cho đạt yêu cầu truyền tin.

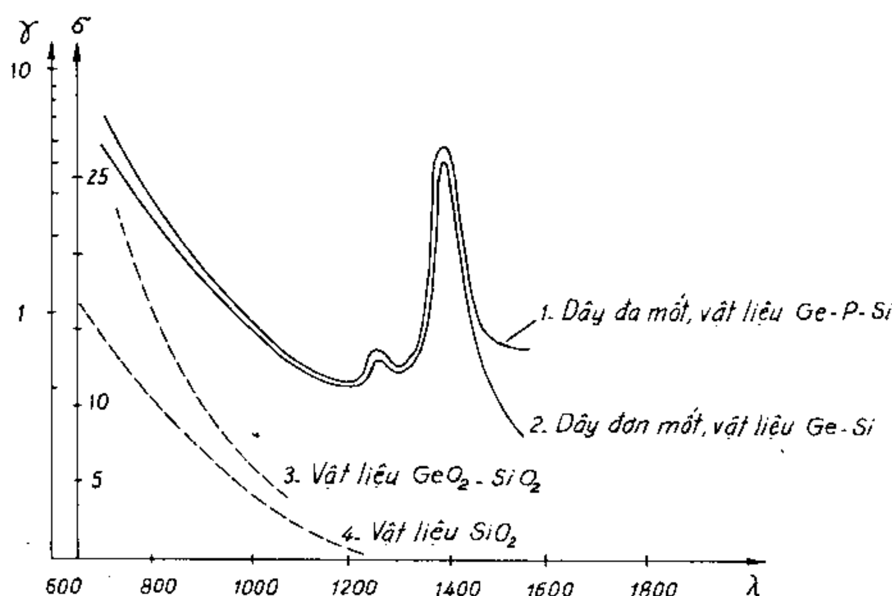
10.4.5. Dây quang dẫn

Tùy theo phương thức phản xạ ánh sáng trong dây quang dẫn (mà ở đây gọi là "mốt"), cáp quang được chia làm hai loại: loại đa mốt và đơn mốt. Trong cáp đa mốt với đường kính lõi thích hợp, tia sáng (thường là loại đa sắc) được truyền theo nhiều góc phản xạ khác nhau tại mặt tiếp xúc giữa lõi và vỏ. Còn trong cáp đơn mốt, đường kính cáp quang được làm cùng cấp bậc với độ dài sóng ánh sáng được truyền (loại đơn sắc), do đó ánh sáng chỉ có thể đi theo hướng trục của lõi và không có phản xạ.

Dây quang dẫn dùng cho mục đích thông tin được đặc trưng bởi các thông số chính sau:

- Độ suy giảm tín hiệu trên mỗi km chiều dài (dB/km).
- Độ tán sắc phụ thuộc vào độ dài bước sóng được truyền.
- Độ rộng dải sóng đối với cáp đa mốt.
- Độ dài bước sóng được truyền đối với cáp đơn mốt.
- Khẩu độ số *NA* của cáp quang dẫn.

Độ suy giảm tín hiệu trên cáp quang được chia thành hao tổn do hấp thụ và hao tổn do phát xạ. Hao tổn do hấp thụ gây ra bởi sự hấp thụ ánh sáng của bản thân vật liệu truyền ánh sáng cơ sở, của các chất gây đục và của các nguyên tử bị biến dạng do điều kiện ngoại



Hình 10-17. Sự phụ thuộc độ suy giảm tín hiệu và độ tán sắc vào độ dài bước sóng

cảnh (như tia cực tím, nhiệt độ).

Hao tổn do phát xạ do ánh sáng không được truyền đúng hướng vì sự không thuần nhất của vật liệu, sự tán xạ ánh sáng qua vỏ, do lớp tiếp giáp giữa vỏ và lõi bị uốn cong v.v...

Trên hình 10- 17 giới thiệu đặc tuyến phụ thuộc của độ suy giảm tín hiệu γ (dB/km) và độ tán sắc σ (nsec/nm.km) (nét gạch) vào độ dài bước sóng λ (nm) đối với một vài loại dây quang dẫn và vật liệu quang dẫn.

Căn cứ vào mục 10.4.4. và đồ thị ở hình 10- 17 ta có thể suy luận tại sao các dây quang dẫn dùng trong thông tin liên lạc thường được chọn làm việc trong miền có độ dài bước sóng từ 800 đến 900 nm và 1300 nm. Trong khoảng 800 ÷ 900 nm việc tạo ra nguồn sáng công suất lớn và ổn định từ *LED* và *LD* là tương đối thuận lợi. Còn ở bước sóng 1300 nm, hao tổn trên đường truyền đối với dây quang dẫn có giá trị nhỏ nhất.

Khi sử dụng cáp quang còn phải tính đến độ hao tổn do ghép nối (giữa nguồn sáng và cáp, giữa cáp với cáp và giữa cáp với đầu thu), hao tổn do dây bị uốn cong và hao tổn do dây bị quấn nhiều vòng...

Trên thực tế độ suy giảm tín hiệu đối với cáp quang dao động trên dưới một vài dB/km. Các thiết bị truyền tin thường cho sẵn độ suy giảm tín hiệu cực đại cho phép (thí dụ đối với rơle quá dòng *7SJ512* của Siemens giá trị này là 8 dB), từ đó có thể suy ra loại cáp quang được dùng và khoảng cách truyền tin cực đại.

Khẩu độ số *NA* của dây cáp quang dẫn được xác định bởi định luật Snell (hình 10- 13) như sau:

$$NA = N_0 \sin\theta = n_2 \sin\psi = (n_2^2 - n_1^2)^{1/2} \quad (10\text{-}4)$$

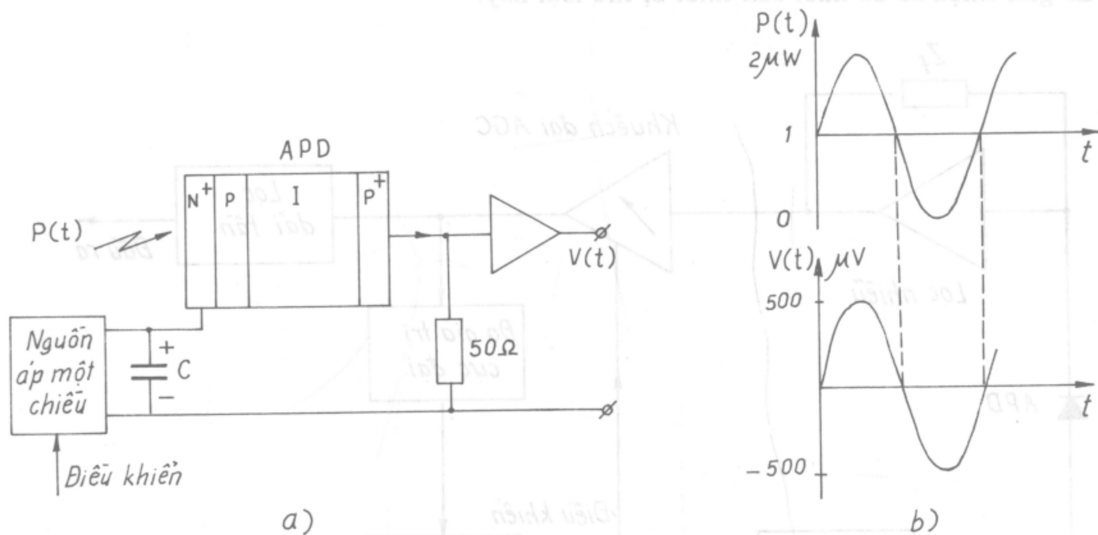
NA xác định góc tiếp nhận ánh sáng của dây quang dẫn (thường nhỏ hơn 0,2).

10.4.6. Các đầu thu tín hiệu ánh sáng

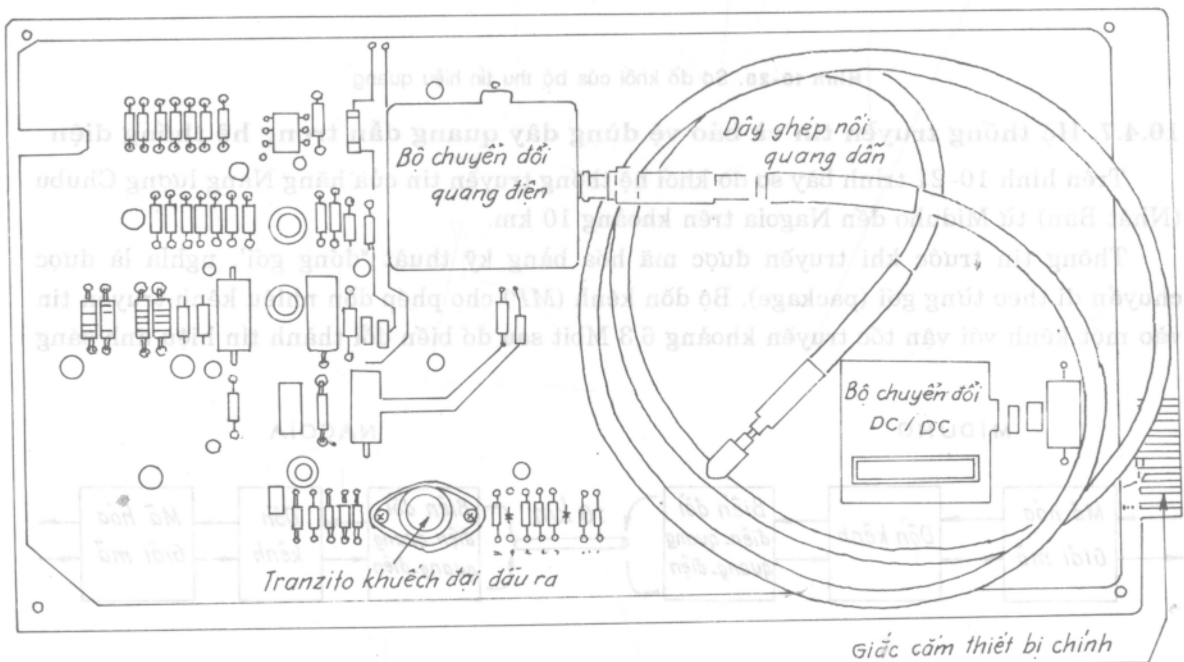
Các thiết bị thu tín hiệu ánh sáng thường sử dụng các bộ phát hiện ánh sáng làm việc trên nguyên tắc quang- điện. Sơ đồ một trong những bộ phát hiện ánh sáng đơn giản nhất được trình bày trên hình 10- 13. Nó sử dụng lớp tiếp xúc *NP* để tạo ra các cặp "lỗ trống - điện tử" khi có ánh sáng chiếu vào. Dưới tác dụng của điện trường, các điện tích sẽ di chuyển tạo ra dòng điện. Đây được gọi là loại phôtôđiôt kiểu *NP*. Nó ít được dùng vì lớp bán dẫn *N* khá dày tạo ra tín hiệu đáp ứng bị trễ so với xung ánh sáng đầu vào, do đó tín hiệu bị nhiễu, nhất là khi truyền tin với tốc độ cao.

Để giảm tín hiệu đáp ứng trễ người ta dùng lớp bán dẫn gần như sơ khai (kiểu *I*) đặt giữa hai lớp *P* và *N*. Lớp bán dẫn này có độ pha tạp chất *N* nhỏ hơn rất nhiều so với lớp bán dẫn *N*. Phôtôđiôt loại này được gọi là phôtôđiôt kiểu *PIN*. Ở đây mỗi cặp "lỗ trống - điện tử" được tạo ra từ một phôtôn ánh sáng, nên dòng quang điện thường rất nhỏ, chỉ cỡ *nA* (10^{-9}A). Điều này làm cho việc phân biệt tín hiệu có ích với nhiễu của đầu thu trở nên rất khó khăn. Để giải quyết vấn đề này, người ta sử dụng tia sáng chiếu vào lớp bán dẫn kiểu N^+ - P - I - P^+ để tạo ra hiệu ứng "dòng thác", khi một phôtôn có thể tạo ra được nhiều cặp "lỗ trống- điện tử" theo kiểu va chạm dây chuyền. Phôtôđiôt loại này được gọi là kiểu *APD*.

Trên hình 10-18a, giới thiệu sơ đồ nguyên lý của một phôtôđiôt kiểu dòng thác *APD*. Ở đây sử dụng nguồn điện áp một chiều có thể thay đổi được và tụ *C* có điện dung lớn. Hệ số khuếch đại của phôtôđiôt phụ thuộc nhiều vào điện áp này. Khi nhiệt độ thay đổi, bằng cách thay đổi điện áp ta có thể giữ nguyên tín hiệu đầu ra không đổi. Trên hình 10-18b

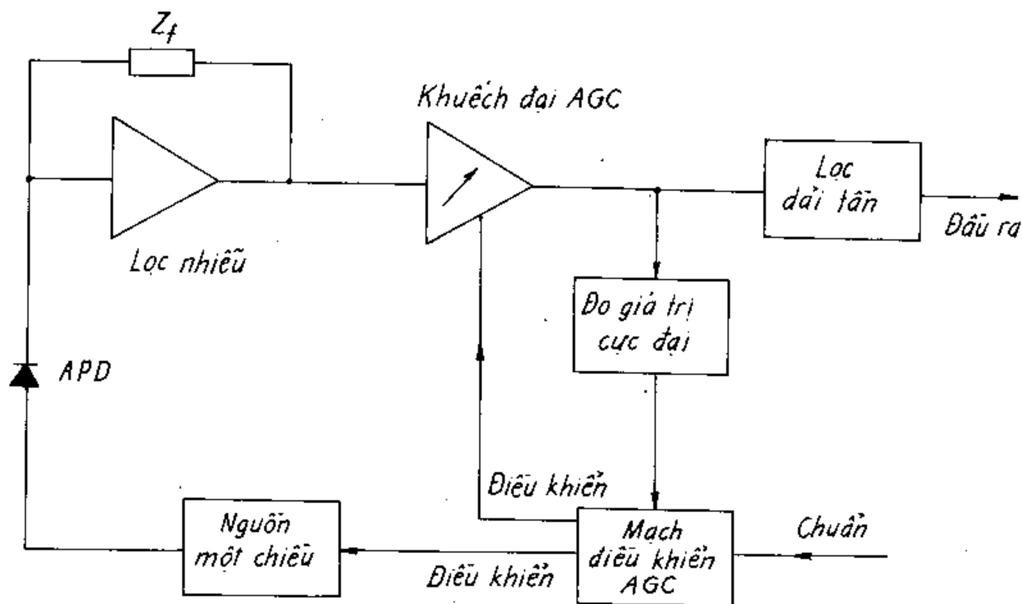


Hình 10-18. Nguyên lý làm việc của phôtôđiôt kiểu APP



Hình 10-19. Thiết bị thu tín hiệu quang

trình bày dạng tín hiệu đầu vào (ánh sáng với công suất $P(t)$ và tín hiệu đầu ra của mạch phôtôđiôt kiểu dòng thác. Mặc dù công suất tín hiệu đầu ra đã được nâng lên đáng kể so với phôtôđiôt kiểu *PIN*, song ở đây vẫn phải cần thêm các mạch khuếch đại và lọc. Trên hình 10-19 trình bày hình dáng bên ngoài của một thiết bị thu số 10 MHz có sử dụng bộ khuếch đại, lọc nhiễu và mạch *điều khiển tự động hệ số khuếch đại* (AGC). Mạch này cho phép giữ tín hiệu đầu ra không đổi khi giá trị tín hiệu quang đầu vào thay đổi lớn. Hình 10-20 giới thiệu sơ đồ khối của thiết bị thu loại này.

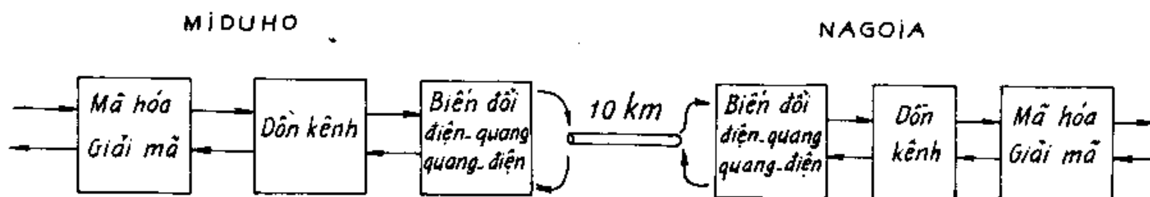


Hình 10-20. Sơ đồ khối của bộ thu tín hiệu quang

10.4.7. Hệ thống truyền tin và bảo vệ dùng dây quang dẫn trong hệ thống điện

Trên hình 10-21 trình bày sơ đồ khối hệ thống truyền tin của hãng Năng lượng Chubu (Nhật Bản) từ Miduho đến Nagoia trên khoảng 10 km.

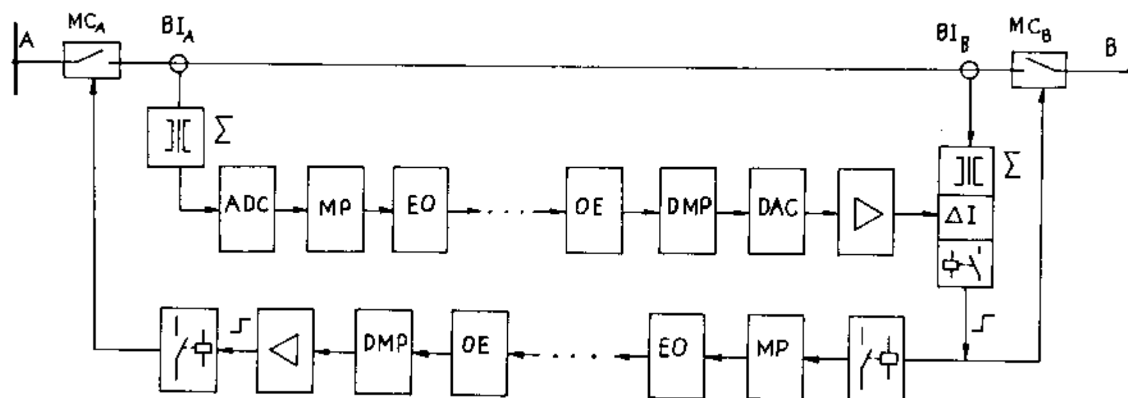
Thông tin trước khi truyền được mã hóa bằng kỹ thuật "đóng gói', nghĩa là được chuyển đi theo từng gói (package). Bộ dồn kênh (*MP*) cho phép dồn nhiều kênh truyền tin vào một kênh với vận tốc truyền khoảng 6,3 Mbit sau đó biến đổi thành tín hiệu ánh sáng



Hình 10-21. Sơ đồ khối một hệ thống truyền tin

(bộ biến đổi *EO*) và truyền theo dây quang dẫn đến đầu nhận. Ở đó quá trình nhận tin được tiến hành theo trình tự ngược lại.

Trên hình 10-22 trình bày sơ đồ hệ thống bảo vệ so lệch có truyền thông tin số theo đường dây quang dẫn được đưa vào sử dụng ở CHLB Đức cho các đường dây cao áp và siêu cao áp.



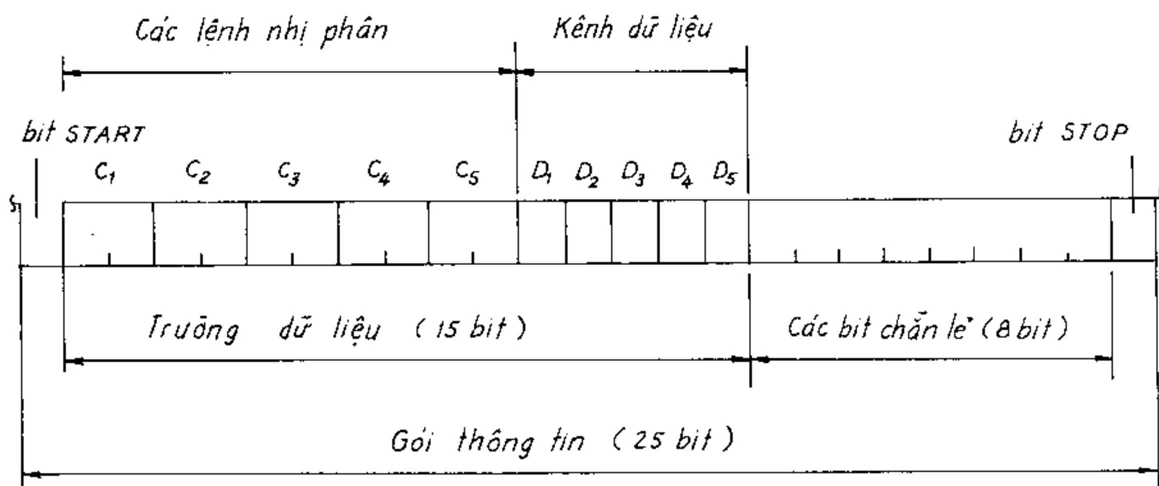
Hình 10-22. Sơ đồ hệ thống bảo vệ so lệch có truyền thông tin số theo đường dây quang dẫn

Đoạn cáp được bảo vệ nằm giữa hai trạm *A* và *B*. Từ các cuộn biến dòng BI_A và BI_B người ta nhận được các đại lượng dòng nhờ sơ đồ của bộ cộng dòng $\sum$ có hệ số tỉ lệ $I_A : I_B : I_0 = 2 : 1 : 3$, trong đó I_A, I_B là các dòng pha còn I_0 là dòng thứ tự không.

Đại lượng tỉ lệ thuận với dòng ở đầu *A* được biến đổi thành đại lượng số nhờ bộ biến đổi tương tự/số *ADC*, sau đó được nén vào kênh cao tần nhờ bộ dồn kênh *MP* và được chuyển thành tín hiệu ánh sáng nhờ phôtôđiôt phát quang (nếu khoảng cách gần) hoặc thiết bị laze (nếu khoảng cách xa). Đây là bộ phận chuyển đổi điện thành ánh sáng *EO*. Ở đầu nhận có bộ chuyển đổi ánh sáng thành điện *OE*. Chúng có thể là điôt laze hoặc chỉ bình thường là điôt kiểu dòng thác nhạy cảm với ánh sáng. Tần số làm việc của các điôt đầu nhận phải phù hợp với tần số của kênh truyền tin. Tín hiệu số nhận được sau khi giải kênh (nhờ bộ *DMP*) được biến đổi thành tín hiệu tương tự (nhờ bộ *DAC*) và khuếch đại, sẽ tỉ lệ thuận với dòng ở đầu *A* của cáp tải điện. Phần tử cảm nhận của bảo vệ so lệch sẽ so sánh các dòng ở trạm *A* và trạm *B* theo giá trị tuyệt đối và theo pha. Nếu xảy ra ngắn mạch trong vùng được bảo vệ thì rơle đầu ra của bảo vệ sẽ cắt máy cắt của trạm *B*, đồng thời truyền tín hiệu cắt theo kênh truyền tin quang dẫn tới máy cắt của trạm *A* và đoạn dây được bảo vệ sẽ được cách ly khỏi lưới.

Trên hình 10-23 trình bày khuôn dạng của một gói thông tin dùng trong hệ thống bảo vệ từ xa có sử dụng cáp quang tại Anh. Trường dữ liệu của gói bao gồm 15 bit, trong đó có 5 cặp bit dùng để truyền 5 lệnh cho các đầu vào số của thiết bị thu và 5 bit còn lại dành cho truyền dữ liệu. Mỗi cặp bit được mã hóa để truyền một lệnh điều khiển từ xa, thí dụ như cho phép cắt hoặc khóa v.v... Kênh dữ liệu 5 bit được dùng để truyền các dữ liệu số, thí

dụ như dòng hoặc áp tại điểm nào đó. Độ tin cậy của thông tin trong trường hợp dữ liệu được đảm bảo bởi các bit chẵn lẻ và nguyên tắc truyền tin dư thừa (3 lần liên tiếp trước khi ra quyết định).



Hình 10-23 Gói thông tin của hệ thống bảo vệ từ xa dùng cáp quang

Tốc độ truyền của kênh cáp quang là 38,4 Kb/s. Cáp quang sử dụng loại đa mốt đường kính lõi và vỏ tương ứng là 50 và 125 μm. Loại sóng truyền tín hiệu số có bước sóng 850 nm. Độ suy giảm tín hiệu là 4 dB/km. Khoảng cách truyền tin tối thiểu là 6 km. Với tốc độ 38,4 Kb/s mỗi gói thông tin 25 bit cần 0,65 ms để truyền. Mỗi sự thay đổi thông tin cần tối đa hai gói để phát hiện ra, do đó độ trễ truyền tin cực đại là 1,3 ms.

10.5. QUẢN LÝ HỆ THỐNG PHÂN PHỐI ĐIỆN NĂNG

10.5.1. Khái niệm chung

Quản lý hệ thống phân phối điện năng một cách có hiệu quả là một trong những vấn đề lớn nhất trong vận hành hệ thống điện hiện đại.

Nó bao gồm toàn bộ các phương diện về qui hoạch, xây dựng, duy trì và vận hành hệ thống phân phối điện nhằm đáp ứng các nhu cầu của người sử dụng khi họ cần đến và với giá thành rẻ nhất.

Các công ty điện lực trên thế giới có những quan điểm khác nhau về hệ thống phân phối điện năng mà họ quản lý. Thậm chí các mạng lưới cung cấp cũng có những ý nghĩa khác nhau tùy vào ứng dụng cụ thể. Mức điện áp, các thuật ngữ, các thủ tục ngừng cung cấp điện, các đòi hỏi đối với hệ thống điều hành cũng rất khác biệt nhau đối với từng công ty.

Trên quan điểm hiện đại có thể sơ lược phân biệt 4 kiểu xây dựng hệ thống điều hành phân phối điện năng như sau:

- Hệ thống nhỏ. Các công ty điện lực hoặc các phân khu quản lý điện nhỏ cần kiểm soát các đầu cung cấp điện ở một vài trạm biến áp hoặc ở khu vực nông thôn sử dụng các

hệ thống điều khiển giám sát và thu thập dữ liệu (*SCADA*) dùng máy vi tính nối tới các thiết bị đầu cuối phía xa (*RTU*) và các hệ thống vô tuyến siêu cao tần. Ở đây chưa hình thành việc nối mạng các máy tính.

- Các hệ thống tương tác giữa người và máy móc (*TNM*). Nhiều công ty đã có hệ thống *SCADA* lớn và muốn bổ sung thêm các chức năng, nhất là tăng cường sự tương tác giữa nhân viên điều hành với hệ thống điều khiển do sự tiến bộ của kỹ thuật thông tin.

- Hệ thống *SCADA* lưới phân phối cỡ trung bình: Bao gồm việc lắp đặt hoặc thay thế hệ thống *SCADA* và phần mềm ứng dụng cơ sở thí dụ phần mềm phân tích lưới phân phối. Đây là bước khởi đầu để tiến tới hệ thống quản lý phân phối (*DMS*) hoàn chỉnh.

- *DMS* đầy đủ bao gồm: *SCADA*, quản lý nguồn cung cấp, phần mềm ứng dụng phân tích lưới, tự động quản lý người sử dụng v.v... Ở đây sử dụng các hệ thống then chốt không thể thiếu như: truyền tin xa (vô tuyến, tải ba, dây tín hiệu dòng một chiều, viba v.v...), các thiết bị trên thực địa (*RTU*),thiết bị đầu cuối tại các xuất tuyến (*FTU*), thiết bị điều khiển dữ liệu, thiết bị đầu cuối trung tâm...). Sau đây sẽ giới thiệu một số nét chính của các thiết bị tự động quản lý hệ thống phân phối điện năng.

10.5.2. Tương tác giữa người và máy (*TNM*)

Đây là khái niệm tương đối mới về mối quan hệ qua lại giữa người vận hành và hệ thống máy móc xung quanh anh ta trong quá trình điều phối vận hành hệ thống điện. Cần phải xử lý mối quan hệ này nhằm tạo ra sự tương thích hoàn toàn giữa con người và máy móc. Điều này đặc biệt quan trọng trong các chế độ sự cố, khi chỉ trong thời gian rất ngắn, nhân viên điều hành phải nhận thức được tình huống đã xảy ra bằng cách chắt lọc được các thông tin quan trọng nhất trong vô số các thông tin đưa đến bàn điều khiển và đồng thời dễ dàng thao tác để khắc phục các sự cố đó.

Trong các hệ thống điều khiển phân phối điện năng cũ, *TNM* chưa được chú ý đầy đủ do những hạn chế về nhận thức và công nghệ. Với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, đã xuất hiện nhiều công nghệ mới về lưu trữ, xử lý, sắp xếp truy xuất và hiển thị thông tin nhằm hoàn thiện *TNM*. Nhiều công ty điện lực trên thế giới đã nâng cấp hệ thống điều khiển phân phối điện năng trước hết theo hướng này nhằm giảm thiểu chi phí.

10.5.2.1. Thể hiện sơ đồ lưới điện

Có hai phương pháp thể hiện sơ đồ lưới điện xuất phát từ các nhu cầu thực tế khác nhau:

- Thể hiện kiểu sơ đồ kết dây để điều khiển từ xa;
- Thể hiện kiểu địa đồ cho các đội sửa chữa.

Thể hiện kiểu sơ đồ kết dây là phương pháp thể hiện đơn giản và rõ ràng, cho phép người điều hành phân tích nhanh chóng và chính xác tình trạng lưới điện, thao tác các thiết bị điều khiển từ xa và ghi lại các thao tác của các thiết bị dùng tay. Cách thể hiện này cho phép hiển thị các đầu cung cấp và tổ hợp lưới phân phối dưới dạng một sơ đồ có kích thước lớn. Nó liên quan đến hầu hết các thao tác của người điều hành. Sơ đồ tổng thể này còn có thể được bổ sung các thông số chi tiết của các trạm (nguồn hoặc truyền tải) dưới dạng một sơ đồ thứ hai trên cùng sơ đồ trên với thông tin phong phú hơn và được phóng

to, thu nhỏ với tỉ lệ cho người điều hành chọn: thí dụ để quản lý các thiết bị tự động tại chỗ hoặc thao tác các đầu phân cấp của tụ bù v.v...

Thể hiện kiểu địa đồ cho phép người điều hành hướng dẫn các đội sửa chữa thực hiện các chuyến công tác trên vùng lãnh thổ. Khi đó lưới điện sẽ được xây dựng theo các tọa độ địa lý sao cho nó có thể làm việc kết hợp với các bản đồ. Điều này cho phép can thiệp nhanh các sự cố và giảm bớt thời gian cắt điện.

10.5.2.2. Các chức năng của TNM

Chức năng hàng đầu của *TNM* là hiển thị tình trạng lưới điện và giúp cho người điều hành hiểu được thao tác cần phải tiến hành.

a. Chức năng định hướng: Cung cấp các khả năng định hướng bằng cách đưa ra sơ đồ toàn cảnh của lưới.

- Con trỏ lên xuống: một phần của sơ đồ giới hạn bởi chiều ngang và chiều đứng gọi là một cửa sổ được thay hình theo ý muốn của người sử dụng. Cửa sổ được thay đổi kích thước bởi con trỏ lên xuống (thí dụ như trong phần mềm Windows)

- Thay hình toàn cảnh: Sự thay hình được thực hiện trên toàn bộ màn hình điều khiển một cách tức thời theo cả hai chiều.

- Cửa sổ định hướng: Thực chất là cái nhìn tổng quan về lưới điện cho phép định vị các phần của lưới hiển thị trong các cửa sổ trên màn hình. Có thể truy nhập đến cửa sổ định hướng tùy theo yêu cầu của người điều hành. Sự thay đổi hình ảnh trên cửa sổ định hướng dẫn đến sự thay đổi trên các cửa sổ liên quan.

- Cửa sổ thu phóng: Được dùng để phóng to thu nhỏ các phần của sơ đồ. Nó có thể được mở do người sử dụng ấn con chuột hoặc menu cuốn. Cửa sổ này được phân biệt bằng đường viền màu chữ nhật: phần sơ đồ thể hiện bên trong cũng được chỉ ra trên sơ đồ toàn cảnh bằng khung chữ nhật có cùng gam màu.

b. Chức năng phân tầng thông tin (decluttering)

Các sơ đồ lưới điện được chia thành các tầng, trên đó sắp xếp các phần tử tĩnh và động và chúng có thể được cập nhật liên tục. Như vậy ta có thể hiển thị hoặc không hiển thị một tầng hoặc nhóm các tầng tùy theo yêu cầu truy nhập đến các thông tin liên quan. Thí dụ trong một sơ đồ có thể chỉ cần hiển thị các thiết bị điều khiển từ xa. Bằng cách truy nhập tới tầng sâu hơn, người điều hành có thể thấy được các trang bị điện điều khiển bằng tay. Trong trường hợp chung, tồn tại bốn cấp phân tầng thông tin. Cấp thứ nhất là mạng hệ thống điện hợp nhất. Cấp thứ hai là lưới điện nhỏ của khu vực. Cấp thứ ba là cấu hình lưới của trạm phân phối. Cấp thứ tư là sơ đồ của xuất tuyến nào đó.

Mức độ chi tiết có thể được kết hợp với mức độ thu phóng sao cho mức độ phong phú của thông tin trở thành hàm số của tỉ lệ thu phóng. Các mức độ sâu của thông tin thường được tính toán tự động theo tỉ lệ này.

c. Chức năng tô màu các động thái của lưới

Sự kết nối của lưới được miêu tả chính xác bằng các màu sắc tương ứng với các động thái có thể cho phép tổng hợp được trạng thái thực tế của lưới điện. Các hình ảnh trên màn hình khi đó có thể cho phép hiển thị:

- Các phần của lưới không được cung cấp nguồn;
- Các nút giới hạn bởi hai xuất tuyến;
- Vùng của một lưới cung cấp bởi một máy biến áp hay một trạm đầu nguồn.
- Sự tồn tại của một chuỗi xích trên lưới nếu nó được phân cấp theo sơ đồ hình cây.

d. Nguyên tắc gây chú ý khi có sự kiện

Khi có biến đổi nào đó trong lưới cần gây chú ý cho người sử dụng người ta thường dùng thủ thuật ánh sáng và âm thanh. Thủ thuật ánh sáng có thể là sự đổi màu của phần tử lưới, sự chớp nháy trong khoảng thời gian nào đó của nó kèm theo thông báo sự kiện. Thủ thuật âm thanh thường sử dụng các âm thanh ngắt quãng có tần số cao trong dải tần nghe thấy dễ gây chú ý hơn cho người điều hành.

10.5.2.3. Các sơ đồ của lưới

Các nguyên tắc của sơ đồ: Các sơ đồ của lưới có thể cùng được trông thấy trên một vài cửa sổ của màn hình điều hành. Các quá trình xảy ra trên sơ đồ sẽ được thể hiện đồng thời.

Các phần tử của sơ đồ có thể là các đối tượng tĩnh hoặc đối tượng động. Sự thể hiện bằng đồ thị của một đối tượng động (thí dụ một máy cắt) sẽ là kết quả tính toán từ các dữ liệu mô phỏng đối tượng đó.

Các đối tượng của sơ đồ: Một điểm dễ nhận thấy của các lưới phân phối là sự biến thái rất mạnh của nó. Do đó, việc thể hiện sơ đồ cuối cùng phải do người sử dụng thực hiện. Để người sử dụng có thể tiếp cận một cách dễ dàng tới việc quản lý hệ thống kỹ thuật, cần thỏa mãn hai điều kiện sau:

- Xác định cấu hình lưới mỗi khi có đủ thông số để tạo ra các sơ đồ kiểu đồ thị.
- Xác định sơ bộ các đối tượng của lưới để đơn giản hóa việc định dạng lưới. Thực vậy, lưới điện thường gồm các phần tử có bản chất giống nhau, có giá trị và cách thể hiện các đặc tính như nhau (các xuất tuyến trung áp, các trạm trung/hạ áp...).

Các dữ liệu về sơ đồ kết nối: Miêu tả các phương thức kết nối về điện giữa các phần tử của hệ thống, số lượng các điểm kết nối. Nó xác định một đường dây, một thanh cái, một đầu dây hở hoặc một điểm nối hình tia v.v... Nó cung cấp thông tin, thí dụ về một trạm phân phối với sơ đồ kết nối phức tạp bên trong có sử dụng thanh cái kép.

Các thông số điện: các thông số điện là các dữ liệu không thể thiếu trong các tính toán về điện. Thí dụ tổng trở, trở kháng các phần tử; đặc tuyến của tải lý thuyết tại đầu cung cấp...

Các thông tin về hệ thống: Chúng có thể là các thông tin do các *RTU* truyền tới, hoặc là các kết quả tính toán, hay vị trí các cầu dao do thao tác bằng tay v.v...

10.5.2.4. Tạo và thay đổi các sơ đồ

Chỉnh lý các đối tượng (như máy cắt, máy biến áp): chỉnh lý các biểu tượng đồ họa được thực hiện bởi phần mềm chỉnh lý nhằm mục đích mô phỏng các chức năng của phần tử mới khi lưu trữ trong thư viện.

Tổ hợp các thông tin khác nhau như phương thức kết nối, các thông số điện cũng được lưu trữ trong thư viện để đơn giản hóa việc chỉnh lý lưới.

Chỉnh lý lưới sử dụng các phương tiện đồ họa để thay đổi cấu hình của lưới phù hợp

với các thao tác điều hành. Ở đây sử dụng các biểu tượng ứng với các đối tượng đã được thiết kế từ trước để rút ngắn thời gian thay đổi cấu hình lưới.

Khi thay đổi một bộ phận lưới, các cơ cấu tính toán bên trong sẽ xác định lại tất cả các quá trình trong đối tượng và các thành phần của nó. Toàn bộ thông tin bên trong vẫn bị che khuất đối với người sử dụng nếu anh ta không yêu cầu.

Khi thay đổi biểu tượng chuẩn của một loại đối tượng, tất cả các quá trình tương ứng của đối tượng này cũng thay đổi.

10.5.2.5. Ergônôm

Ergônôm là khoa học về môi trường làm việc của người điều hành. Đối với hệ thống điều khiển xa, nó liên quan đến các khía cạnh sau:

- Các màn hình, bàn phím, con chuột, menu cuốn v.v...;
- Cách bố trí của các thiết bị;
- Độ ồn của máy móc (máy in, cơ cấu chấp hành v.v...);
- Ghế ngồi bàn làm việc...;
- Khoảng cách từ người điều hành đến các thiết bị;
- Độ chiếu sáng.

Trong *TNM* của hệ thống điều khiển xa có hai yếu tố quan trọng của ergônôm:

- *TNM* bề nổi. Bao gồm các hình dáng và kiểu cách của các phần tử cơ sở: dạng của một máy cắt, màu sắc âm thanh, phương thức trao đổi thông tin v.v...

- *TNM* liên quan đến bề sâu nhận thức. Yếu tố thứ hai sâu sắc hơn, nó liên quan đến chất lượng của *TNM* trong quá trình giải quyết các vấn đề điều hành. Thí dụ như khả năng truy nhập nhanh và chính xác đến các thông tin cần thiết khi xảy ra một sự cố trên lưới, sự đúng đắn của qui trình thao tác xử lý khắc phục sự cố đó v.v...

10.5.3. Các hệ thống điều khiển giám sát và thu thập dữ liệu (SCADA)

10.5.3.1. Khái niệm chung

Khả năng thực hiện các hoạt động tại một địa bàn không có nhân viên kỹ thuật từ một trạm hoặc một trung tâm điều hành ở xa, cũng như việc đảm bảo cho các hoạt động đó được thực hiện đúng yêu cầu có thể tiết kiệm được nhiều chi phí trong vận hành hệ thống điện. Trong nhiều hệ thống có những khu vực thỉnh thoảng cần phải thực hiện các thao tác như mở và đóng máy cắt, nhưng chi phí để duy trì nhân viên vận hành tại chỗ lại tỏ ra không hợp lý. Ngoài ra việc chậm trễ khi gửi nhân viên kỹ thuật đến địa bàn đó có thể làm kéo dài thời gian khắc phục sự cố và làm giảm chất lượng phục vụ khách hàng. Hơn nữa, chi phí duy trì nhân viên vận hành tại chỗ sẽ càng tăng cao khi thực hiện các đóng cắt liên tục, điều này làm cho chỉ phí đó trở nên không kinh tế.

Đây là những nguyên nhân chính làm cho các hệ thống *SCADA* có điều kiện phát triển. Thiết bị điều khiển từ xa các trang bị điện đã được dùng trong nhiều năm nay, và nhu cầu về thông tin cũng như điều khiển từ xa đã dẫn đến sự phát triển các hệ thống thiết bị có khả năng thực hiện các thao tác, kiểm soát chúng và báo cáo lại với trung tâm điều hành rằng thao tác điều khiển được yêu cầu đã thực hiện có kết quả. Đồng thời nhiều khi cũng

cần thông báo các thông tin quan trọng khác như tải và điện áp thanh cái tới trung tâm điều hành. Ban đầu một hệ thống như vậy phụ thuộc nhiều vào đường dây thông tin liên lạc truyền tín hiệu điều khiển và giám sát. Thực hiện nhiều hơn một hai thao tác là quá khả năng đối với một hệ thống như vậy của thế hệ đầu. Sự phát triển của kỹ thuật gọi số có chọn lọc trong công nghiệp điện thoại chẳng bao lâu được áp dụng trong thiết bị điều khiển giám sát hệ thống điện, nhờ vậy một đường dây thông tin có thể thực hiện và điều khiển nhiều thao tác và chỉ thị thông tin cũng như đo lường từ xa các thông tin hoạt động gửi về trung tâm điều hành.

Hầu hết các trung tâm điều hành và phân phối ngành điện lực hiện nay được trang bị ít nhất một vài thiết bị của hệ thống *SCADA*. Các thiết bị loại này đã tỏ ra có hiệu quả và có tính kinh tế trong các thao tác vận hành. Chúng tỏ ra là trợ thủ đắc lực cho các nhân viên vận hành trạm, giúp họ duy trì tương đối tốt sự hiểu biết về tình trạng làm việc của các bộ phận hệ thống điện mà họ có trách nhiệm vận hành.

Sau đây sẽ trình bày nguyên lý làm việc của các hệ thống *SCADA* cũng như một vài ưu nhược điểm của các thiết bị loại này. Việc áp dụng máy tính trong các hệ thống *SCADA* càng làm tăng khả năng của chúng và điều này cũng được dẫn ra ở đây.

10.5.3.2. Điều khiển và giám sát

Thuật ngữ điều khiển giám sát thường được để chỉ vận hành từ xa (điều khiển) các trang bị điện như động cơ hoặc máy cắt và việc thông tin trở lại (giám sát) để chứng tỏ rằng thao tác yêu cầu đúng là đã được thực hiện. Như đã nhận xét ở trên, các hệ thống điều khiển giám sát đơn giản đã được sử dụng từ thời kỳ đầu của vận hành hệ thống điện. Trong các hệ thống như vậy, việc giám sát được thực hiện bằng các đèn báo, thí dụ đèn xanh để chỉ thiết bị được cắt nguồn, đèn đỏ để chỉ thiết bị được đóng nguồn. Khi một thao tác như mở một máy cắt được thực hiện bằng điều khiển từ xa, sự thay đổi từ đèn đỏ sang đèn xanh tại trung tâm vận hành sẽ xác định rằng thao tác đó được thực hiện thành công.

Trong các hệ thống ban đầu, đường dây thông tin giữa nơi vận hành và thiết bị điện được điều khiển cần phải có đối với mỗi đơn vị điều khiển và giám sát từ xa. Khi số lượng thiết bị điện tăng lên, giá thành và sự phức tạp của hệ thống cũng tăng lên tương ứng. Nếu khoảng cách điều khiển khá lớn, giá thành hệ thống sẽ tăng rất cao trong khi độ tin cậy lại giảm sút do các nhiễu loạn trong mạch điều khiển và khả năng hư hỏng vật lý của mạch điều khiển quá dài.

Một vài hạn chế của mạch dẫn thẳng kiểu một đối một giữa thiết bị điều khiển và được điều khiển có thể được khắc phục bằng cách sử dụng các rơle chọn lựa tương tự như loại được dùng trong các hệ thống quay số điện thoại. Bằng cách đó có thể chọn được thiết bị cần điều khiển, điều khiển nó và gửi tín hiệu giám sát về vị trí vận hành mà chỉ cần dùng một dây thông tin. Tuy nhiên các hệ thống như vậy trở nên rất phức tạp và đôi khi rất khó duy trì về mặt kỹ thuật. Chúng cũng bị hạn chế vì tốc độ thao tác cũng như khối lượng dữ liệu tối đa có thể chuyển được khi số các thiết bị được điều khiển và giám sát tăng lên.

Sự ra đời của các phương pháp thông tin điện tử và truyền dẫn dữ liệu số đã làm tăng thêm khả năng của các hệ thống điều khiển giám sát. Các hệ thống như vậy trở nên có độ

tin cậy cao hơn và giá thành thấp hơn so với các hệ thống cũ. Việc quét tuần tự các trạm ở xa và các thiết bị trong trạm được trang bị thiết bị đầu cuối giám sát từ xa cho phép một trạm chính có thể điều khiển một vài trạm ở xa và nhiều thiết bị trong mỗi trạm. Hơn nữa nó cũng có thể thông báo lại cho trạm chính các thao tác điều khiển đã được thực hiện cũng như các thông số nóng của đối tượng như dòng điện, điện áp, công suất và nhiều đại lượng khác cần cho việc giám sát.

Một trong những tiến bộ nữa là việc giảm bớt số lượng dữ liệu truyền giữa các thiết bị ở xa và trạm chính. Điều này được thực hiện nhờ một thủ tục gọi là "báo cáo khi có trường hợp bất thường", theo đó các dữ liệu chỉ được truyền khi chúng thay đổi hoặc rơi ra ngoài vùng giới hạn cho trước.

Trong hầu hết các hệ thống như vậy, thiết bị chủ của trạm chính sẽ lần lượt quét các thiết bị đầu cuối ở xa (*RTU*) bằng cách gửi một thông báo ngắn tới từng *RTU* để xem mỗi *RTU* có vấn đề gì phải báo cáo. Nếu có, thiết bị này sẽ gửi thông báo ngược lại cho thiết bị chủ và dữ liệu nhận được sẽ được lưu trữ trong bộ nhớ của máy tính. Nếu cần, một tín hiệu điều khiển sẽ được gửi tới *RTU* đang xét và các thông báo hoặc tín hiệu cảnh báo sẽ được máy in của thiết bị chủ in ra hoặc được hiển thị trên màn hình kiểu tivi (*CRT*) hay màn hình tinh thể lỏng. Trong phần lớn các hệ thống chu trình quét tất cả các *RTU* được thực hiện trong khoảng vài giây. Tuy nhiên, trong trường hợp có sự cố tại một trạm nào đó, thông báo sẽ được gửi từ thiết bị đầu cuối ở đây về thiết bị chủ, quá trình quét bình thường sẽ bị dừng lại trong thời gian đủ để thiết bị chủ nhận được thông báo và phát tín hiệu cảnh báo sao cho người điều hành có thể phản ứng tức thì, hoặc là, trong một vài trường hợp, sao cho thiết bị chủ có thể tự động thực hiện các thao tác điều khiển xác định trước. Trong đa số trường hợp, khi có bất kỳ sự kiện nào trạng thái của tất cả các trạm được trang bị *RTU* có thể giám sát được trong mỗi khoảng thời gian ngắn, bằng cách được cung cấp thông tin tổng quan mới nhất về tình trạng hệ thống điện.

Hầu hết các hệ thống điều khiển giám sát đều được trang bị máy tính: thiết bị chủ thực chất là một máy tính số với mạch đầu vào/đầu ra cần để chuyển tín hiệu điều khiển tới *RTU* và nhận thông tin từ chúng. Thông tin nhận được được hiển thị trên màn hình hoặc máy in để in ra các bản báo cáo được lưu trữ lâu. Màn hình cũng có thể hiển thị các thông tin đồ họa như sơ đồ một sợi của các trạm vệ tinh.

10.5.3.3. Thông tin liên lạc cho các hệ thống SCADA

Như đã nhận xét, các hệ thống *SCADA* bao gồm một trạm chính, các *RTU* và một vài tuyến dây thông tin liên lạc giữa thiết bị chủ với các thiết bị đầu cuối. Đường dây thông tin có thể là mạch hữu tuyến, kênh viba hoặc kênh tải ba. Bất kỳ một đường thông tin nào có hệ số tín hiệu trên nhiễu đủ lớn và có dải tần vừa cho vận tốc truyền của tín hiệu số đều có thể sử dụng được.

Các vận tốc truyền tín hiệu cao hơn đòi hỏi phải mở rộng dải tần của kênh truyền dữ liệu. Trong một số trường hợp, kênh truyền tín hiệu điện thoại bình thường với dải từ 400 ÷ 3400 Hz là hoàn toàn thỏa mãn. Đối với việc truyền dữ liệu vận tốc thấp, người ta thường sử dụng dải tần hẹp ở tần số âm thanh cao nhất, tức là tần số truyền dữ liệu từ 2200 - 3400 Hz, còn truyền âm thanh từ 400 - 2200 Hz (xem thêm mục 10.3.1.)

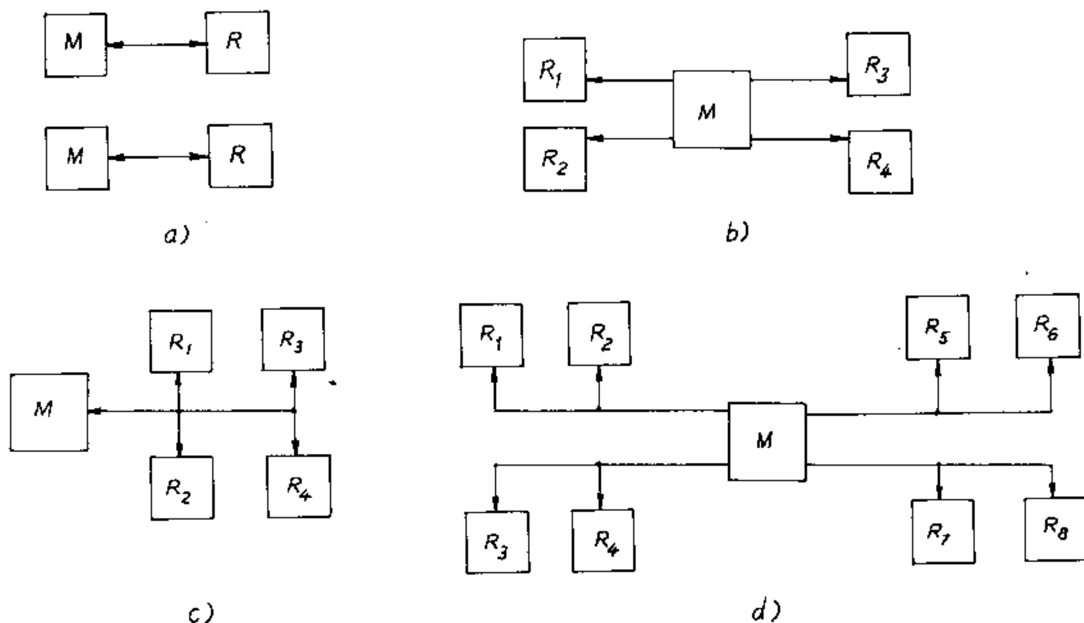
Đối với việc truyền dữ liệu số, hiện nay người ta sử dụng rộng rãi cáp quang. Tốc độ truyền tín hiệu số được đo bằng bit/sec (hay là baud). Vận tốc truyền có thể đạt tới 19200 baud, còn bình thường người ta hay sử dụng vận tốc truyền từ 600 đến 9600 baud.

Cần phải nhấn mạnh rằng, thông tin có tầm quan trọng đặc biệt đối với các hệ thống *SCADA*. Hệ thống thông tin liên lạc kém có thể gây lỗi hoặc mất tín hiệu điều khiển. Hệ thống *SCADA* không thể làm việc bình thường nếu thiếu kênh thông tin tin cậy và đủ mạnh.

10.5.3.4. Các dạng hệ thống SCADA

Như đã trình bày, hệ thống *SCADA* bao gồm thiết bị chủ và các *RTU*. Có một vài cấu trúc mạng *SCADA* được sử dụng trên thực tế, và dạng được chọn sẽ xuất phát từ yêu cầu của hệ thống, khả năng của kênh thông tin và các yếu tố giá thành. Trên hình 10-24 trình bày một vài dạng cấu trúc mạng có thể được dùng trong các hệ thống *SCADA*. Ở hình 10-24a trình bày sơ đồ khối của hệ thống kiểu một đối một, với một thiết bị chủ *(M)* cho mỗi phần tử ở xa *(R)*. Trên hình 10-24b là hệ thống hình sao (star), với một thiết bị chủ phục vụ một vài thiết bị ở xa, nhưng mỗi thiết bị ở xa sử dụng một đường dây thông tin riêng biệt. Trên hình 10-24c là sơ đồ khối của mạng kiểu dây theo nhóm (party-line), với một đường dây thông tin phục vụ một vài thiết bị ở xa. Sơ đồ khối trên hình 10-24d là sự kết hợp giữa mạng hình sao và dây theo nhóm, với một thiết bị chủ phục vụ một vài nhóm thiết bị ở xa, mỗi nhóm sử dụng một đường dây thông tin liên lạc.

Độ tin cậy của hệ thống *SCADA* cũng có thể được tăng cường nếu sử dụng thêm kênh thông tin loại khác, sao cho khi có sự cố trong đường dây thông tin, *RTU* bị ảnh hưởng có thể tự động (hoặc không tự động) nối vào mạch thông tin khác.



Hình 10-24. Vài dạng cấu trúc mạng dùng trong hệ thống SCADA

Trong hệ thống *SCADA*, độ tin cậy của cả hệ thống thường phụ thuộc vào chất lượng đường dây thông tin vì đây là bộ phận có hệ số tin cậy thấp nhất trong hệ thống.

10.5.3.5. Các thiết bị chủ có chức năng giám sát

Thiết bị chủ của hệ thống giám sát là hạt nhân của hệ thống này. Tất cả các thao tác đối với *RTU* do người điều hành thực hiện đều thông qua thiết bị này và được các *RTU* báo cáo lại cho nó. Như đã biết, một thiết bị chủ hiện đại làm nhiệm vụ giám sát bao gồm một máy tính số và bộ phận cho phép liên lạc thông tin giữa thiết bị chủ và các *RTU*. Bộ phận này thường bao gồm môđem dùng để chuyển đổi các xung số của các máy tính thành dạng có thể phát và thu qua đường thông tin liên lạc.

Tín hiệu giữa thiết bị chủ và các *RTU* thường có dạng tần số âm thanh, sử dụng kỹ thuật biến điệu tần để mã hóa thông tin nhằm tăng khả năng chống nhiễu của thiết bị thông tin.

Trong trường hợp sử dụng cáp quang, người ta sử dụng ở đầu phát bộ phận chuyển đổi điện - quang dạng điôt phát quang (*LED*) hoặc đầu laze, còn ở đầu thu - bộ phận chuyển đổi quang điện dạng tranzito quang điện.

Các thiết bị phục vụ nhân viên điều hành bao gồm:

- Bàn điều khiển với các máy vi tính có trang bị phần mềm quản lý việc trao đổi thông tin, cơ sở dữ liệu và các dạng thông tin sơ đồ;
- Các cửa sổ thông tin cảnh báo và điều khiển trên màn hình;
- Bàn phím và máy in.

Ngoài sơ đồ một sợi của hệ thống điện cần giám sát được hiển thị trên màn hình máy tính, ở đây có thể có sơ đồ lớn dạng bức tường giúp cho nhân viên điều hành có thể quan sát từ xa. Sơ đồ này theo truyền thống thường sử dụng các đèn đốt nóng các màn để hiển thị các bộ phận khác nhau của lưới. Trong các hệ thống *SCADA* hiện đại, nó có thể được hiển thị trên màn hình kiểu tivi *(CRT)* cỡ lớn hoặc màn hình tinh thể lỏng cỡ lớn. Ở đây người ta sử dụng các màu sắc khác nhau để phân biệt các cấp điện áp cũng như trạng thái các máy cắt. Người ta áp dụng đầy đủ các nguyên tắc *TNM* như đã trình bày ở mục 10.5.2.

Thông tin gửi đến thiết bị chủ có thể được lưu trữ trong các thiết bị nhớ thông tin như đĩa cứng, băng từ hoặc hiển thị trên màn hình, trên bộ hiển thị số (kiểu 7 thanh) hoặc các đồng hồ chỉ kim. Việc tái tạo các tín hiệu tương tự (điện áp, dòng điện v.v...) trong trường hợp này được thực hiện bằng các bộ chuyển đổi số - tương tự.

Khi thiết bị chủ thực hiện thao tác nào đó đối với một phần tử nào đó của trạm ở xa, người ta thường sử dụng phương thức gọi là "chọn trước khi thao tác" như sau:

- Người điều hành chọn trạm ở xa nào đó;
- Trạm này trả lời thừa nhận trạm đã được chọn;
- Người điều hành chọn phần tử cần thao tác;
- *RTU* trả lời thừa nhận phần tử đã được chọn;
- Người điều hành thao tác;
- *RTU* thực hiện thao tác và thông báo lại cho thiết bị chủ rằng nó đã được thực hiện.

Tiến hành thao tác theo phương thức như vậy sẽ giảm thiểu khả năng sai sót.

10.5.3.6. Các thiết bị xa có chức năng giám sát (RTU)

Các thiết bị xa của hệ thống giám sát được đặt tại các trạm xác định, được nối dây để thực hiện các chức năng nào đó. Trong các *RTU* hiện đại có trang bị máy vi tính với bộ nhớ và khả năng suy luận lôgic, một vài thao tác có thể được thực hiện mà không cần chỉ thị của thiết bị chủ. Tuy nhiên các thao tác này cần phải báo cáo cho thiết bị chủ khi nó quét tới *RTU* này. Ngoài ra *RTU* có thể điều khiển được một số thiết bị tại chỗ khác như bộ điều khiển lôgic có khả năng lập trình (*PLC*). Như vậy *RTU* có trang bị máy vi tính có thể đảm đương một số chức năng cũ của thiết bị chủ, do đó số lượng đường dây thông tin cũng như công suất truyền tải của chúng có khả năng được giảm thiểu.

Các sơ đồ đo lường trong *RTU* được dùng để chuyển đổi các tín hiệu tương tự như dòng điện, điện áp, công suất tác dụng, công suất phản kháng... thành dòng điện hay điện áp một chiều tỉ lệ với đại lượng cần đo và nhờ các bộ chuyển đổi tương tự số (*ADC*) thành dạng số để chuyển về thiết bị chủ - thông qua các môđem.

Các thông tin trạng thái của các dạng thiết bị thí dụ như máy cắt đóng hay mở, động cơ làm việc hay không làm việc... được lưu trữ trong các thanh ghi trạng thái của bộ nhớ động trong mỗi thiết bị đầu cuối. Bằng cách đó thiết bị chủ có thể được cung cấp thông tin về tình trạng làm việc của các trạm sau mỗi lần quét tới các *RTU* của trạm.

Một số thiết bị đầu cuối được trang bị chức năng ghi nhận sự kiện. Sự kiện ở đây có thể là một sự cố, một thao tác vận hành hay một trạng thái làm việc nhiễu loạn của trang thiết bị. Trong phần lớn trường hợp, chức năng ghi nhận sự kiện được dùng để ghi lại các thông số trang thiết bị khi có sự cố, song cũng có thể được lập trình để chuyển sang ghi nhận các sự kiện khác. Văn bản sự kiện được dùng để phân tích nguyên nhân các hiện tượng bất thường trong lưới. Hiện nay, để nâng cao khả năng phân tích này, người ta tăng mật độ lấy mẫu tham số (điện áp, dòng điện) có khi lên tới 128 mẫu trong một chu kỳ công nghiệp (tức 20 ms) nên có thể tách được các thành phần sóng hài với độ chính xác cao.

10.5.3.7. Nhật ký vận hành với hệ thống SCADA

Ngoài chức năng điều khiển và giám sát, hệ thống *SCADA* có khả năng ghi lại nhật ký vận hành và trạng thái của lưới mà nó có nhiệm vụ theo dõi.

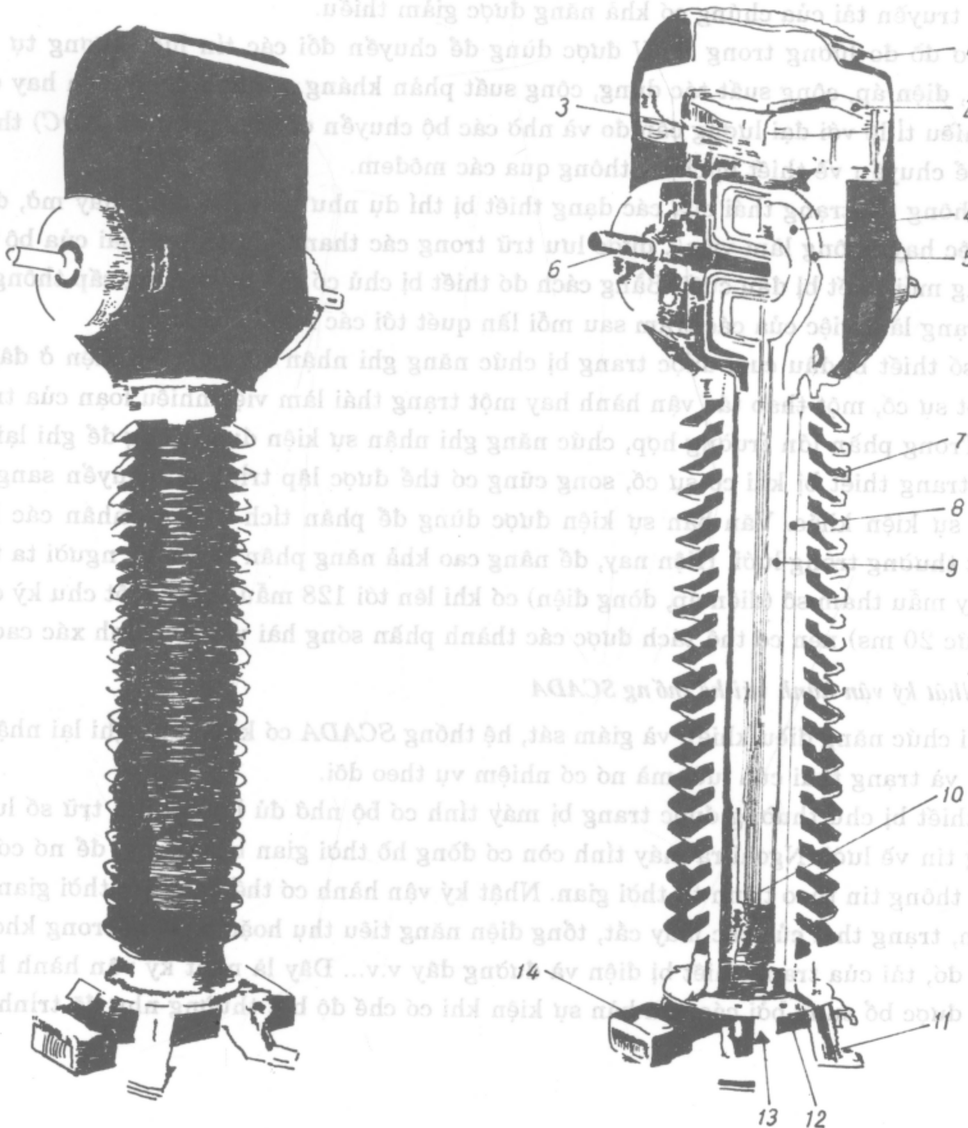
Các thiết bị chủ thường được trang bị máy tính có bộ nhớ đủ lớn để lưu trữ số lượng lớn thông tin về lưới. Ngoài ra máy tính còn có đồng hồ thời gian bên trong, để nó có thể phân loại thông tin theo trình tự thời gian. Nhật ký vận hành có thể bao gồm thời gian xảy ra sự kiện, trạng thái của các máy cắt, tổng điện năng tiêu thụ hoặc phát ra trong khoảng thời gian đó, tải của trang thiết bị điện và đường dây v.v... Đây là nhật ký vận hành hàng ngày. Nó được bổ sung bởi các văn bản sự kiện khi có chế độ bất thường như đã trình bày ở trên.

PHỤ LỤC

PHỤ LỤC 1. MÁY BIẾN DÒNG ĐIỆN

Hình P1-1 trình bày hình dáng bên ngoài và mặt cắt bên trong của một biến dòng điện trung và cao áp.

Một biến dòng điện *(BI)* có thể có một vài cuộn sơ cấp để đo lường hoặc/và bảo vệ, và mỗi cuộn sơ cấp được quấn quanh lõi riêng biệt. Các lõi dành cho mục đích bảo vệ cũng có



Hình P1-1. Hình dáng bên ngoài và cấu tạo bên trong của biến dòng điện trung và cao áp:
1. Vỏ biến dòng; 2. Bộ bù dầu bằng kim loại; 3. Thiết bị đo mức dầu; 4. Lõi từ; 5. Các cuộn thứ cấp; 6. Đầu ra cuộn sơ cấp; 7. Sứ; 8. Dầu; 9. Giấy cách điện; 10. Dây dẫn cuộn thứ cấp 11. Bệ gá lắp; 12. Biển tên thiết bị; 13. Van tháo và thủ dầu; 14. Hộp đầu ra cuộn thứ cấp.

thể được thiết kế với khe hở không khí (để tăng hệ số bão hòa). *BI* được cách điện bởi dầu và các loại giấy đặc biệt. Phần chính của nó nằm ở đầu thiết bị (từ 1 đến 6). Theo tiêu chuẩn *IEC*, ký hiệu các *BI* thường có chữ cái để chỉ kích thước, kèm theo 2 đến 3 chữ số để chỉ điện áp làm việc cực đại.

Các lõi từ 4 và các cuộn dây thứ cấp 5 được đặt trong hộp kim loại 1 và một ống kim loại gắn với hộp này dẫn các đầu dây cuộn thứ cấp từ cuộn thứ cấp tới hộp đầu ra thứ cấp 14. Hộp và ống kim loại dùng để chắn điện áp thấp, giấy cách điện và dầu để chắn điện áp cao. Phần vỏ phía trên của *BI* được làm từ nhựa đúc nhưng điện áp làm việc được các lớp bảo vệ bên trong che chắn nên không bị ảnh hưởng. Nó có khả năng chịu được tác động cơ học của đầu dây sơ cấp, có nhiệm vụ gắn các phần tử và tản nhiệt từ các bộ phận làm việc.

BI làm việc với áp suất dầu bên trong cố định và được kẹp chì bảo vệ. Việc bù khối lượng dầu hao hụt được thực hiện bởi bộ bù dầu 2. Ở đây có bộ chỉ thị mức dầu 3 có thể quan sát từ bên ngoài.

BI có lõi hình xuyến được làm từ những tấm thép silic dát mỏng có hoặc không có khe hở không khí. Cuộn sơ cấp được làm từ đồng tiết diện phẳng tạo từ kỹ thuật điện phân, có dạng thanh đồng xuyên qua hoặc vài vòng dây chẵn quấn quanh lõi từ. Cuộn dây sơ cấp có thể có vài đầu dây ra để thay đổi hệ số biến dòng. Các cuộn sơ cấp được làm từ dây đồng tráng êmay quấn chẵn vòng quanh lõi từ. Các đầu ra sơ cấp cho phép thay đổi hệ số biến dòng. Số lượng các cuộn dây thứ cấp có thể đạt tới 6 - khi đó chúng được dùng vào nhiều mục đích khác nhau như đo lường, bảo vệ các loại.

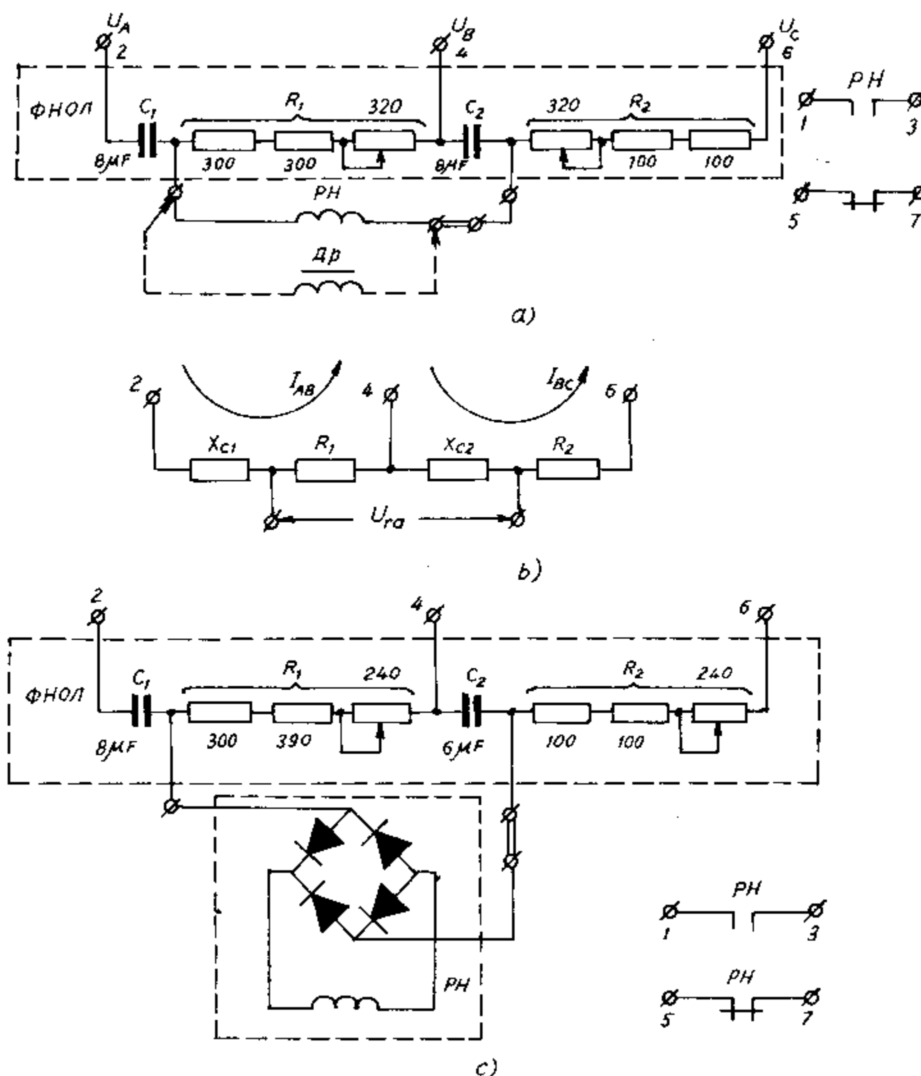
PHỤ LỤC 2. CÁC BỘ LỌC THÀNH PHẦN ĐỐI XỨNG [12] (xem chương 3)

2.1. Bộ lọc - rơle áp thứ tự nghịch

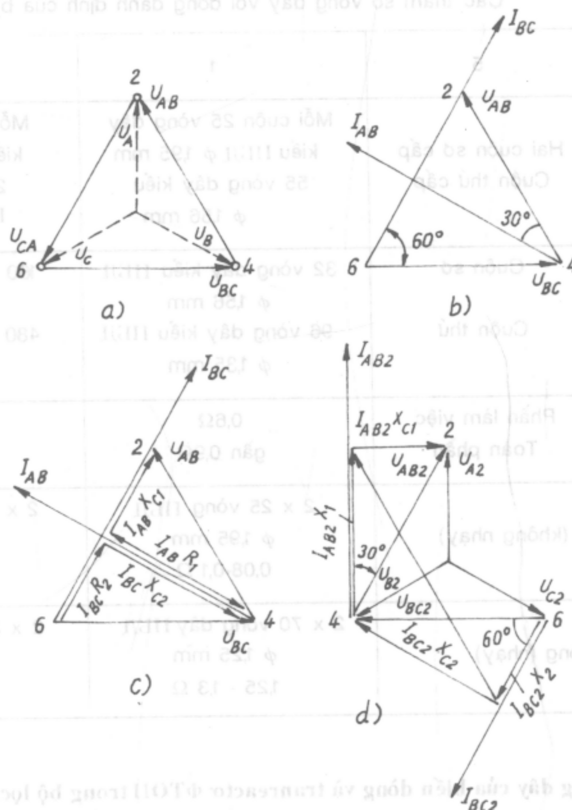
Sau đây giới thiệu một số bộ lọc rơle thành phần đối xứng (áp hoặc dòng) của Liên Xô (cũ). Chúng thường được chế tạo kiểu hợp bộ bao gồm từ một bộ lọc thành phần đối xứng và một rơle quá áp (dòng).

2.1.1. Bộ lọc - rơle áp thứ tự nghịch **PФH-1 (PФH - 1M)**

Dùng trong các sơ đồ bảo vệ rơle chống các *NM* không đối xứng. Nó bao gồm một bộ lọc áp thứ tự nghịch (*TTN*) kiểu *R-C* (ФHOЛ) và rơle áp *PH* mắc ở đầu ra của bộ lọc (hình P2-1).



Hình P2-1. Sơ đồ các bộ lọc - rơle áp thứ tự nghịch.
a. PHФ-1; b. Sơ đồ tương đương của ФHOЛ; c. PФH-1M



Hình P2-2. Đồ thị vectơ của các bộ lọc ФНО/I của bộ lọc rơle РНФ-1 (РНФ-1М)

a. Sơ đồ vectơ ban đầu của các áp thứ tự nghịch; b, c. Sơ đồ vectơ của bộ lọc khi có áp thứ tự thuận (TTT) ở đầu vào; d. Sơ đồ vectơ của bộ lọc ФНО/I khi có áp TTN ở đầu vào.

Trên hình P2-2 giới thiệu các đồ thị vectơ của bộ lọc ФНО/I của các bộ lọc - rơle РНФ-1 (РНФ-1М).

2.1.2. Các tham số kỹ thuật của bộ lọc rơle **РНФ-1 và РНФ-1М**

Giới hạn đặt áp *TTN* tác động (giữa các pha) khoảng 6-12 V ở đầu vào của ФНО/I. Hệ số trở về 0,8-0,85. Áp pha ở đầu vào: 100 V.

Rơle đầu ra РН của РНФ-1 là rơle kiểu ЭН-520 có hai cuộn dây mắc nối tiếp nhau, mỗi một cuộn có 23000 vòng dây êmay kiểu ПЭВ-2 đường kính 0,25 mm.

Rơle đầu ra của РНФ-1М là rơle kiểu РН-50 có cuộn dây mắc ở đầu ra mạch cầu nắn dòng hai nửa chu kỳ do đó phần chuyển động của rơle không bị rung như ở rơle ЭН-520. Hệ số trở về không nhỏ hơn 0,75.

Rơle РН-50 có hai cuộn dây mắc nối tiếp nhau, mỗi cuộn có 7700 vòng dùng dây êmay kiểu ПЭВ-2 đường kính 0,11 mm.

Điôt của cầu nắn dòng là loại điôt silic kiểu Д226.

Bảng P2-1. **Tham số kỹ thuật các phần tử bộ lọc - rơle dòng PT-2**

Ký hiệu phần tử của thiết bị	Phần tử	Các tham số vòng dây với dòng danh định của bộ lọc - rơle dòng, A		
		5	1	
T	Tranreactơ	Hai cuộn sơ cấp Cuộn thứ cấp	Mỗi cuộn 25 vòng dây kiểu ПБД ϕ 1,95 mm 55 vòng dây kiểu ϕ 1,56 mm	Mỗi cuộn 125 vòng dây kiểu ПЭВ-2 ϕ 0,93 mm 275 vòng dây kiểu ПЭВ-2 Φ 0,74 mm
TK	Biến dòng bù	Cuộn sơ Cuộn thứ	32 vòng dây kiểu ПБД ϕ 1,56 mm 96 vòng dây kiểu ПБД ϕ 1,35 mm	160 vòng dây kiểu ПЭВ-2 ϕ 0,93 mm 480 vòng dây kiểu ПЭВ-2 ϕ 0,64 mm
R	Điện trở	Phần làm việc Toàn phần	0,6Ω gần 0,9Ω	15Ω gần 25Ω
P1	Rơle dòng (không nhạy)		2 x 25 vòng ПБД ϕ 1,95 mm 0,08-0,1 Ω	2 x 125 vòng dây ПБД ϕ 0,86 mm 2-2,5Ω
P2	Rơle dòng (nhạy)		2 x 70 vòng dây ПБД ϕ 1,25 mm 1,25 - 1,3 Ω	2 x 350 vòng dây ПЭВ-2 ϕ 0,57 mm 30 - 32 Ω

Bảng P2-2. **Các tham số vòng dây của biến dòng và tranreactơ ФТОП trong bộ lọc - rơle dòng PTФ-1**

Ký hiệu phần tử của thiết bị	Phần tử	Cuộn dây	Tham số vòng dây khi có dòng danh định của bộ lọc - rơle dòng, A	
			5	1
TT	Biến dòng	Hai cuộn sơ Cuộn thứ	Mỗi cuộn 13 vòng: dây ПБД ϕ1,56 mm 250 vòng dây ПЭВ-2 ϕ-0,64 mm	Mỗi cuộn 65 vòng dây ПЭВ-2 ϕ-0,8 mm 250 vòng dây ПЭВ-2 Φ-0,64 mm
TP	Tranreactơ	Hai cuộn sơ Cuộn thứ	Mỗi cuộn 13 vòng dây ПБД ϕ 1,56 mm 380 vòng dây ПЭВ-2 ϕ 0,64 mm	Mỗi cuộn 65 vòng dây ПЭВ-2 ϕ-0,8 mm 380 vòng dây ПЭВ-2 ϕ 0,64 mm
R1 R2	Điện trở Điện trở		Giá trị lớn nhất 22 Ω 72 Ω	

2.2. Các bộ lọc - rơle dòng thứ tự nghịch

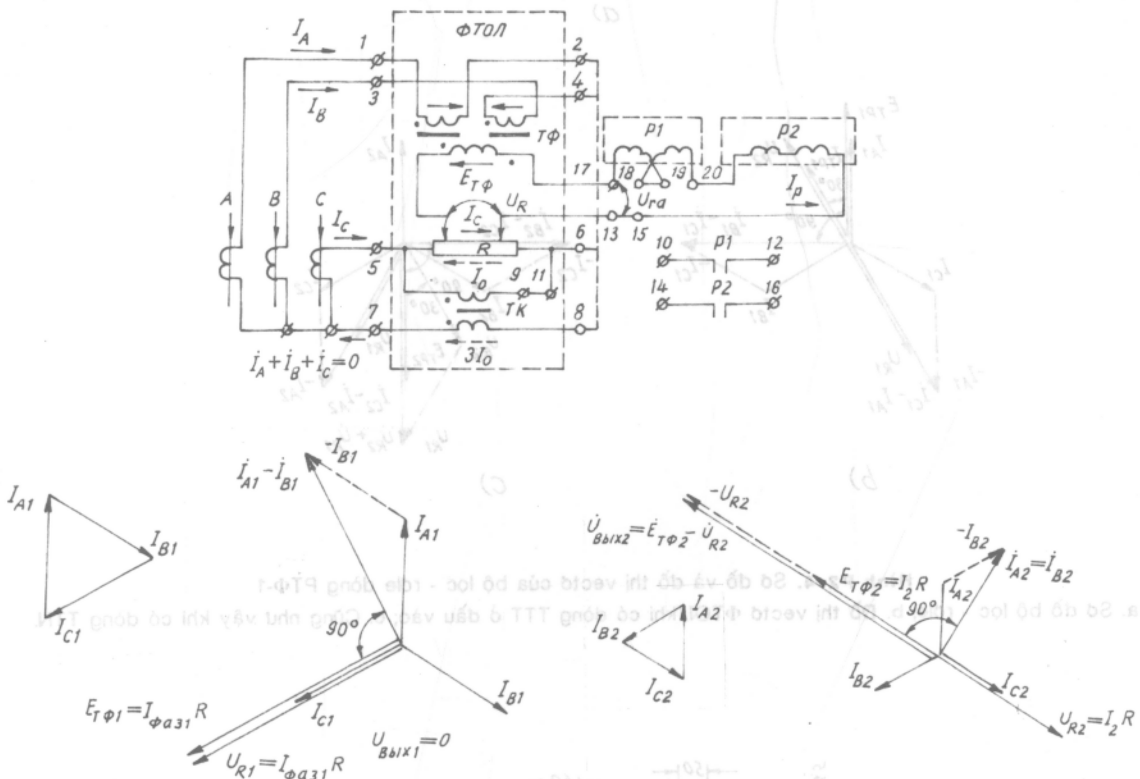
2.2.1. Bộ lọc - rơle dòng kiểu PT-2

Dùng trong các sơ đồ bảo vệ rơle chống NM không đối xứng cho các máy phát và máy biến áp. Nó bao gồm bộ lọc dòng thứ tự nghịch (ΦΤΟΠ) và hai rơle P1 và P2 kiểu ЭТ-520 mắc ở đầu ra của bộ lọc.

Bộ lọc dòng *TTN* (ΦΤΟΠ) bao gồm biến dòng với khe hở không khí (tranreactơ) ΤΦ có hai cuộn sơ và một cuộn thứ, biến trở *R* và biến dòng bù *TK* hai cuộn dây không có khe hở không khí.

Sơ đồ và các đồ thị vectơ của bộ lọc - rơle dòng *TTN* kiểu PT-2 được trình bày trên hình P2-3.

Các tham số kỹ thuật của bộ lọc - rơle PT-2: xem bảng P2-1



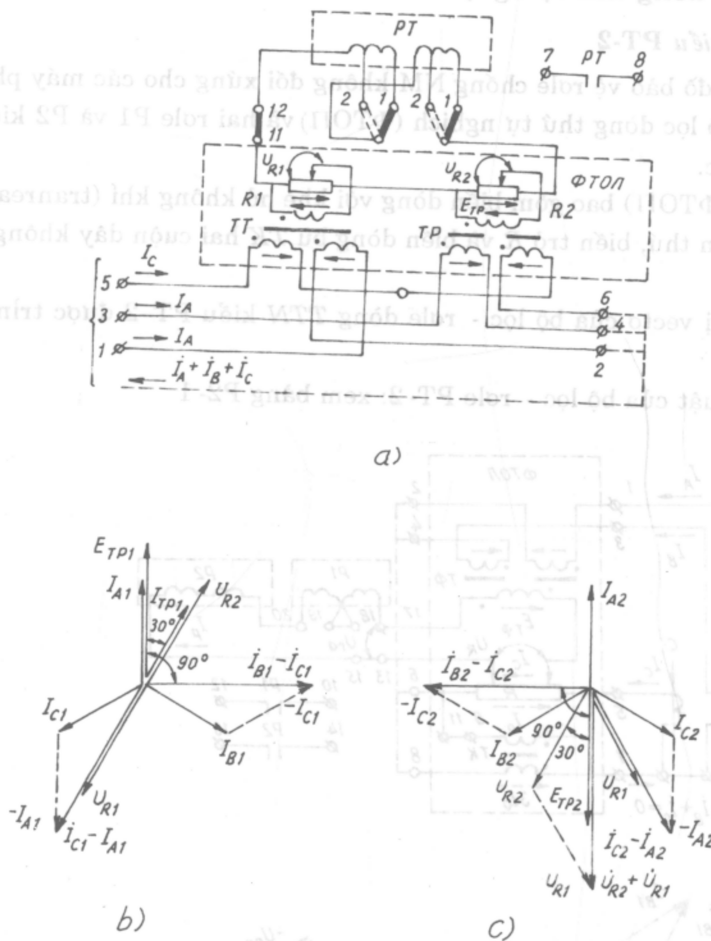
Hình P2-3. Sơ đồ và đồ thị vectơ của bộ lọc - rơle kiểu PT-2

a. Sơ đồ bộ lọc - rơle; b. Đồ thị vectơ khi có dòng TTT ở đầu vào bộ ΦΤΟΠ; c. Khi có dòng TTN.

2.2.2. Bộ lọc - rơle dòng kiểu PTΦ-1

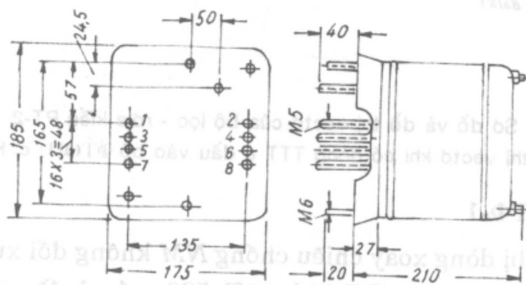
Dùng để bảo vệ các thiết bị dòng xoay chiều chống *NM* không đối xứng. Nó bao gồm bộ lọc dòng TTN kiểu R - C và rơle dòng PT kiểu ЭТ-520 mắc ở đầu ra của ΦΤΟ/Ι (hình P2-4).

Bộ lọc bao gồm biến dòng TT với hai cuộn sơ và một cuộn thứ được mắc với biến trở

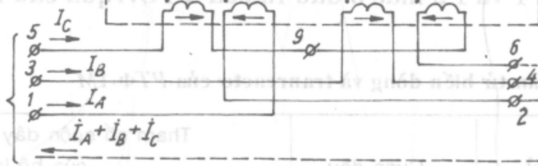


Hình P2-4. Sơ đồ và đồ thị vectơ của bộ lọc - rơle dòng PTΦ-1

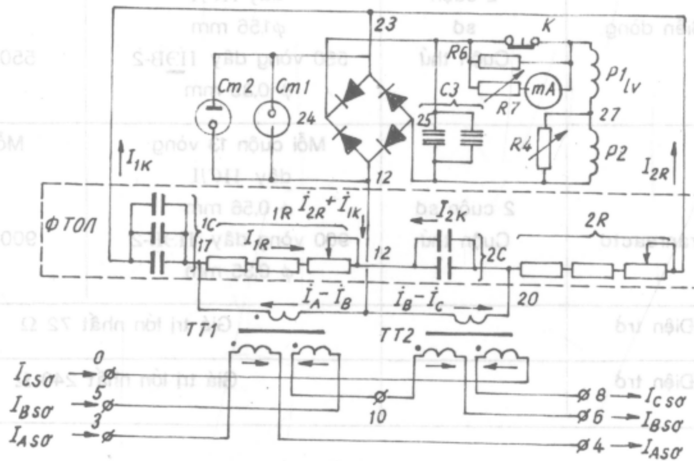
a. Sơ đồ bộ lọc - rơle; b. Đồ thị vectơ ΦTOΠ khi có dòng TTT ở đầu vào; c. Cũng như vậy khi có dòng TTN.



Hình P2-5. Các kích thước của bộ lọc - rơle dòng TTN PTΦ-1



Hình P2-6. Sơ đồ bộ lọc - rơle dòng PTФ-1M



Hình P2-7. Sơ đồ bộ lọc - rơle dòng PTФ-2.

R1 và biến dòng với khe hở không khí (tranreactơ) TP có hai cuộn sơ và một cuộn thứ mắc với biến trở R2 (hình P2-4a).

Trên hình P2-5 giới thiệu các kích thước của bộ lọc kiểu này.

2.2.3. Bộ lọc - rơle PTΦ-1M

Thiết bị này chỉ khác với PTΦ-1 ở chỗ có rơle đầu ra kiểu rơle áp PH-50 mắc ở đầu ra bộ lọc ΦTOΠ qua cầu nắn dòng hai nửa chu kỳ. Sơ đồ của bộ lọc - rơle dòng TTN PTΦ-1M được trình bày trên hình P2-6 còn các tham số của các phần tử của nó được nêu ở bảng P2-3.

2.2.4. Bộ lọc - rơle dòng PTΦ-2

Được dùng để bảo vệ chống dòng thứ tự nghịch cho các máy phát có các cuộn dây được làm lạnh trực tiếp.

Thiết bị gồm có các biến dòng trung gian, bộ lọc dòng TTN kiểu R-C, ổn áp ở đầu ra của ΦTOΠ và hai rơle P1 và P2 mắc ở đầu ra của ΦTOΠ qua cầu nắn dòng hai nửa chu kỳ (hình P2-7).

Bảng P2-3. **Tham số các phần tử biến dòng và tranreactơ của** *PTΦ-1M*

Ký hiệu phần tử của thiết bị	Phần tử	Cuộn dây	Tham số cuộn dây với dòng danh định của bộ lọc - rơle A	
			5	1
TT	Biến dòng	2 cuộn sơ Cuộn thứ	Mỗi cuộn 13 vòng dây ПСЛ ϕ1,56 mm 550 vòng dây ПЭВ-2 ϕ 0,35 mm	Mỗi cuộn 65 vòng dây ПЭЛ-2A ϕ0,8 mm 550 vòng dây ПЭВ-2 ϕ 0,35 mm
TP	Tranreactơ	2 cuộn sơ Cuộn thứ	Mỗi cuộn 13 vòng dây ПСЛ ϕ 0,56 mm 900 vòng dây ПЭВ-2 ϕ 0,35 mm	Mỗi cuộn 65 vòng dây ПЭВ-2 ϕ0,8 mm 900 vòng dây ПЭВ-2 ϕ 0,35 mm
R1	Điện trở		Giá trị lớn nhất 72 Ω	
R2	Điện trở		Giá trị lớn nhất 240 Ω	

2.2.5. Bộ lọc - rơle dòng **TTN PTΦ-3**

Thiết bị được dùng trong các máy phát công suất lớn với các dây được làm lạnh trực tiếp để bảo vệ quá dòng thứ tự nghịch trong các chế độ không đối xứng. Nó có thời gian tự động thay đổi phụ thuộc vào dòng thứ tự nghịch trong cuộn stato của máy phát.

Thiết bị (hình P2-8) bao gồm bộ lọc dòng TTN (ΦTOΠ) kiểu R-C, hai rơle phân cực P_{kd} và P_{ra} mắc ở đầu ra của bộ lọc qua mạch cần nắn dòng rơle thời gian PB, bộ dò bước DB, rơle trung gian RG và bộ điện trở phụ (R_{p1}-R_{p50}). Nhờ các điện trở này có thể thực hiện được đặc tuyến thời gian tác động kiểu phụ thuộc bậc thang như trên hình P2-9.

Bảng P2-4. **Tham số biến dòng và rơle của thiết bị PT-2**

Ký hiệu	Cuộn dây	Tham số và điện trở các vòng dây với dòng danh định của bộ lọc - rơle, A	
		5	1
TT1 và TT2	2 cuộn sơ	Mỗi cuộn 35 vòng dây ПСД ϕ1,56 mm	Mỗi cuộn 17 vòng dây ПСД ϕ 2,26 mm
	cuộn thứ	1270 vòng dây ПЭВ-2 ϕ0,35 mm	1270 vòng dây ПЭВ-2 ϕ0,35 mm
Rơle P1	cuộn làm việc	650 vòng dây ПЭЛ ϕ 0,12 mm R = 400 Ω	
	cuộn hãm	4200 vòng dây ПЭЛ ϕ0,1 mm R = 600 Ω	
Rơle P2	cuộn một cuộn hai	8800 vòng dây ПЭЛ ϕ 0,1 mm R = 730 Ω 4200 vòng dây ПЭЛ ϕ 0,1 mm R = 600 Ω	

2.2.6. So sánh các thiết bị có bộ lọc - rơle dòng TTN chế tạo tại Liên Xô (trước đây)

Cần so sánh các loại thiết bị với bộ lọc - rơle dòng thứ tự nghịch, các ưu điểm nhược điểm của chúng để sử dụng các thiết bị này đúng hơn.

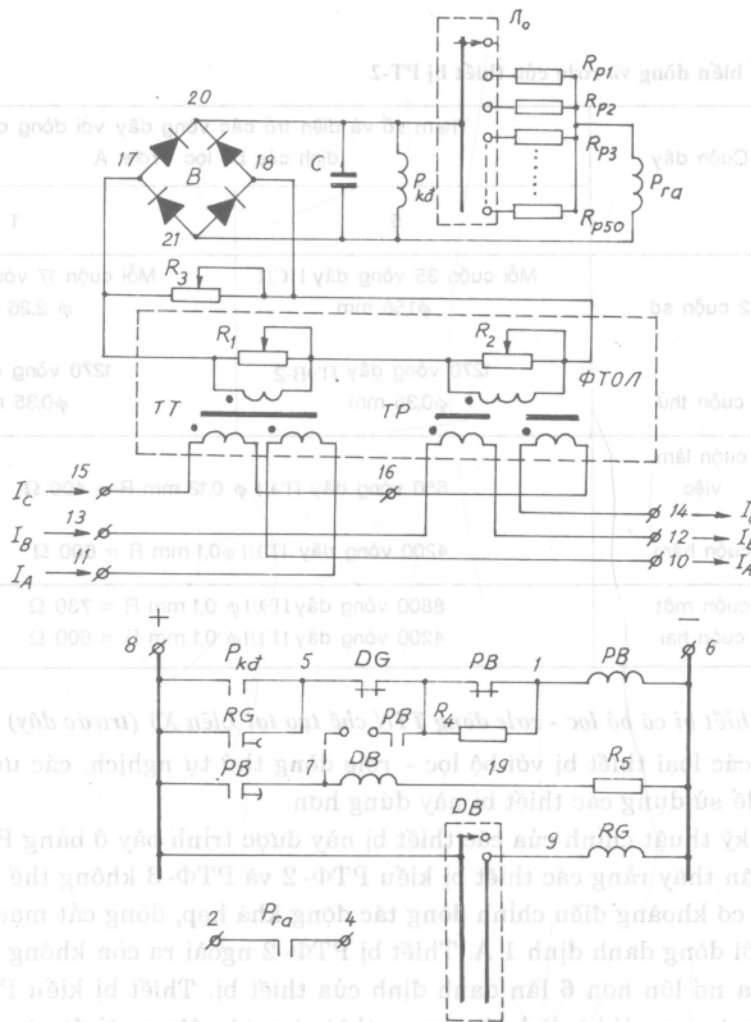
Các đặc tính kỹ thuật chính của các thiết bị này được trình bày ở bảng P2-5.

Ta có thể nhận thấy rằng các thiết bị kiểu PTФ-2 và PTФ-3 không thể được sử dụng rộng rãi vì chúng có khoảng điều chỉnh dòng tác động khá hẹp, dòng cắt mạch khá nhỏ và không làm việc với dòng danh định 1 A. Thiết bị PTФ-2 ngoài ra còn không được sử dụng khi dòng chạy qua nó lớn hơn 6 lần danh định của thiết bị. Thiết bị kiểu PTФ-3 có một nhóm các rơle bên trong với bộ dò bước tạo ra thời gian tác động với đặc tuyến bậc thang phụ thuộc, PTФ-2 và PTФ-3 được thiết kế để bảo vệ các máy phát lớn.

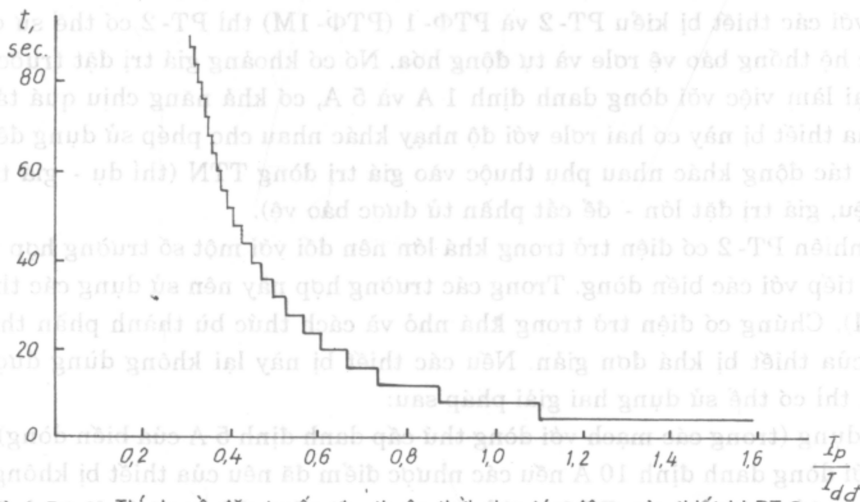
Đối với các thiết bị kiểu PT-2 và PTФ-1 (PTФ-1M) thì PT-2 có thể sử dụng rộng rãi trong các hệ thống bảo vệ rơle và tự động hóa. Nó có khoảng giá trị đặt trước khá rộng, có chủng loại làm việc với dòng danh định 1 A và 5 A, có khả năng chịu quá tải. Ngoài ra ở đầu ra của thiết bị này có hai rơle với độ nhạy khác nhau cho phép sử dụng để tác động với thời gian tác động khác nhau phụ thuộc vào giá trị dòng TTN (thí dụ - giá trị đặt nhỏ để đi báo hiệu, giá trị đặt lớn - để cắt phần tử được bảo vệ).

Tuy nhiên PT-2 có điện trở trong khá lớn nên đối với một số trường hợp nó không thể mắc trực tiếp với các biến dòng. Trong các trường hợp này nên sử dụng các thiết bị PTФ-1 (PTФ-1M). Chúng có điện trở trong khá nhỏ và cách thức bù thành phần thứ tự không ở đầu vào của thiết bị khá đơn giản. Nếu các thiết bị này lại không dùng được vì độ nhạy không đủ thì có thể sử dụng hai giải pháp sau:

- Sử dụng (trong các mạch với dòng thứ cấp danh định 5 A của biến dòng) thiết bị kiểu PTФ-2 với dòng danh định 10 A nếu các nhược điểm đã nêu của thiết bị không gây cản trở.
- Thay đổi thiết kế của PTФ-1 để nâng cao độ nhạy bằng cách dùng ở đầu ra của nó loại rơle phân cực có hai cuộn dây.



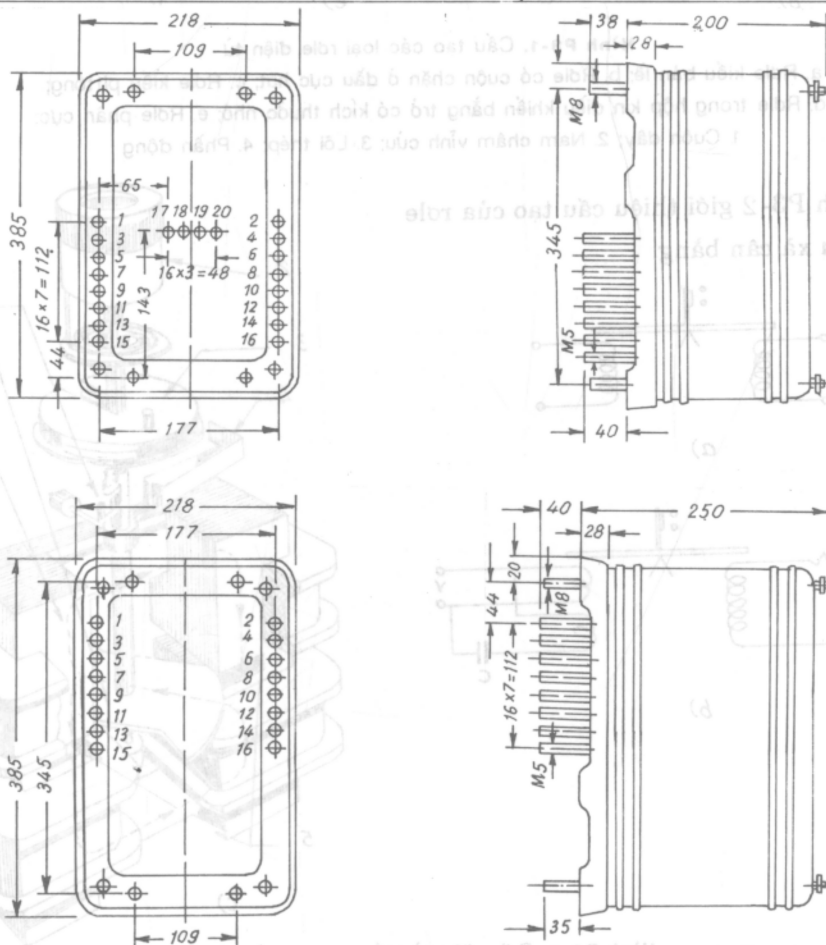
Hình P2-8. Sơ đồ một chiều và xoay chiều thiết bị PT-3



Hình P2-9. Thí dụ về đặc tuyến phụ thuộc thời gian tác động của thiết bị PT-3 vào bội số dòng TTN I_p so với dòng danh định của máy phát I_{dd}

Bảng P2-5. **So sánh các tham số kỹ thuật của các thiết bị với rơle bộ lọc dòng TTN**

	I_{dd} A	PT-2 Rơle nhạy P2	PT-2 Rơle không nhạy P1	PTΦ-1 PTΦ-1 M	PTΦ-2 Rơle nhạy P1	PTΦ-2 Rơle không nhạy P2	PTΦ-3
Các giới hạn tác động của dòng TTN	1	0,1-0,2	0,3-1,2	0,3-1,2:	không có loại		1 A
	5	0,5-1,0	1,5 - 6,0	1,5-6,0:	0,2 - 0,4	2 - 4	1 - 2
	10	không có		Không có	0,4 - 0,8	4 - 8	2 - 4
Giá trị điện trở toàn phần lớn nhất mạch dòng của thiết bị theo từng pha	1	1,5			không có loại		1 A
	5	0,6		4,5	0,8		0,4
	10	·không có		0,18	0,2		0,1
Công suất ngắn mạch ở tiếp điểm của cơ cấu chấp hành của thiết bị, W		50 khi áp nhỏ hơn 220 V và dòng < 2 A		50 (PTΦ-1) 50 (PTΦ-1 M) khi U < 220 V I < 2 A	50 khi áp < 220 V dòng < 0,5 A		

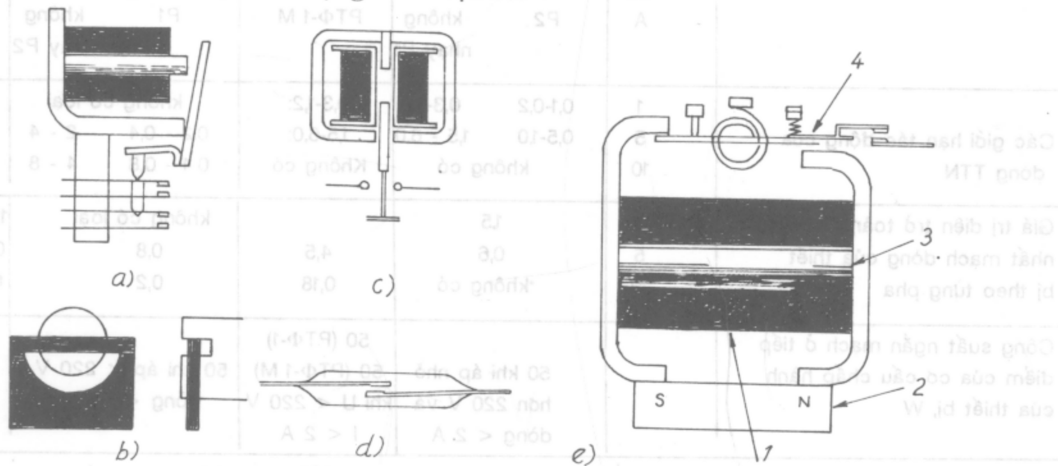


Hình P2-10. Kích thước bên ngoài của bộ lọc - rơle kiểu
a. PT-2; b. PTΦ-2 và PTΦ-3.

PHỤ LỤC 3. RƠLE ĐIỆN CƠ [20,21]

3.1. Rơle điện từ

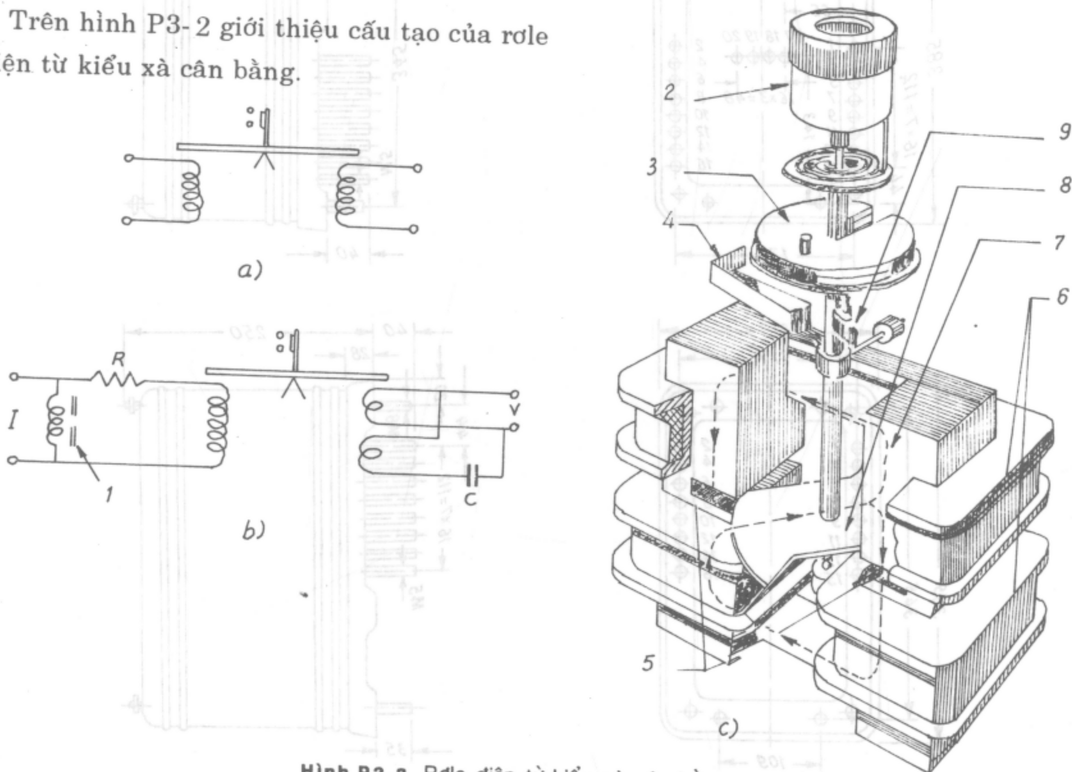
Hình P3- 1 giới thiệu các dạng rơle điện từ.



Hình P3-1. Cấu tạo các loại rơle điện từ

a. Rơle kiểu bản lề; b. Rơle có cuộn chặn ở đầu cực hút; c. Rơle kiểu pittông; d. Rơle trong hộp kín điều khiển bằng trở có kích thước nhỏ; e. Rơle phân cực: 1. Cuộn dây; 2. Nam châm vĩnh cửu; 3. Lõi thép; 4. Phần động

Trên hình P3- 2 giới thiệu cấu tạo của rơle điện từ kiểu xà cân bằng.



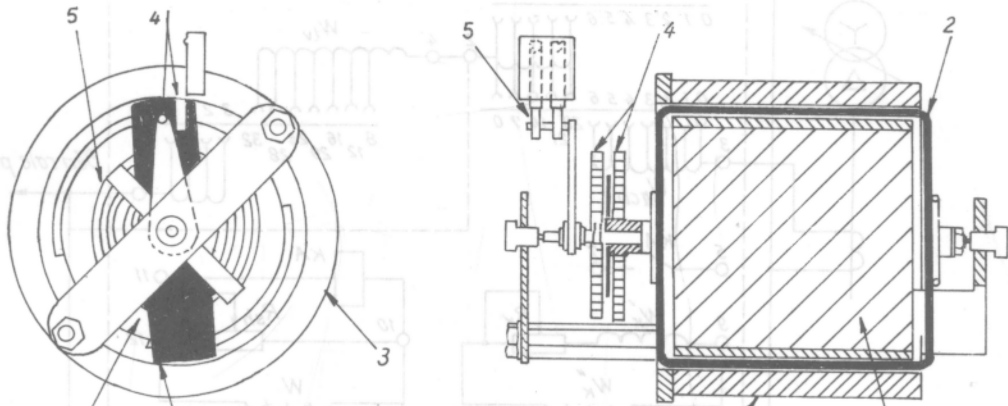
Hình P3-2. Rơle điện từ kiểu xà cân bằng

a. Sơ đồ cơ sở; b. Rơle với bộ lọc để giảm thành phần quá độ một chiều trong mạch dòng và với tụ lệch pha trong mạch áp; c. Hình dáng bên ngoài.

1. Cuộn chặn có hệ số chất lượng Q cao; 2. Đầu xoắn; 3. Đĩa quán tính; 4. Tiếp điểm cố định; 5. Khe hở không khí; 6. Cuộn dây; 7. Đường dẫn từ; 8; Phần động; 9. Tiếp điểm động

3.2. Rơle điện động (dùng cho dòng một chiều)

3.2.1. Rơle điện động kiểu khung dây quay (hình P3-3)

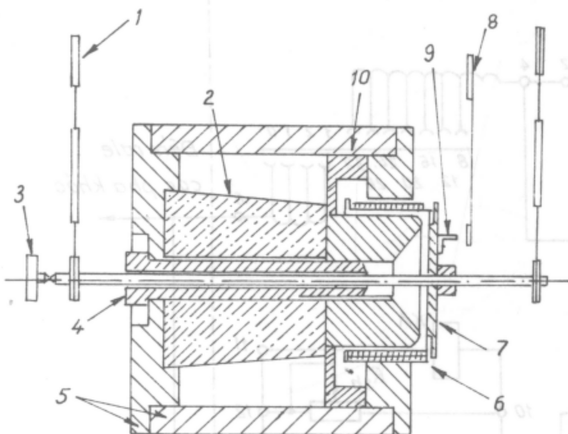


Hình P3-3. Rơle điện động kiểu khung dây quay

1. Nam châm vĩnh cửu; 2. Khung dây quay; 3. Ống gá; 4. Lò xo dẫn dòng; 5. Tiếp điểm

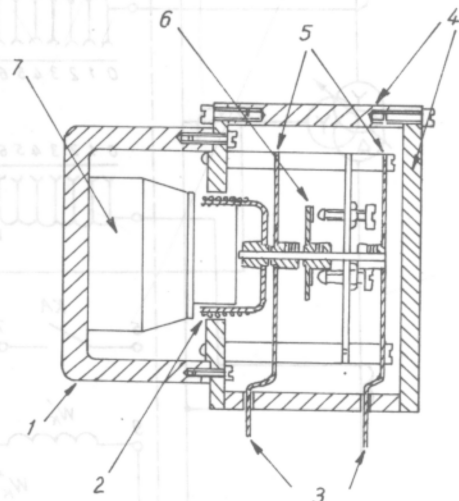
3.2.2. Rơle điện động kiểu đồng trục (hình P3-4)

3.2.3. Rơle điện động kiểu màng đàn hồi (hình P3-5)



Hình P3-4. Rơle điện động kiểu đồng trục

1. Lá thép treo phần động; 2. Nam châm vĩnh cửu; 3. Trục đỡ; 4. Ống đồng; 5. Gá bằng sắt mềm; 6. Cuộn dây động; 7. Khung cuộn dây; 8. Tiếp điểm cố định; 9. Tiếp điểm động; 10 Vòng định vị



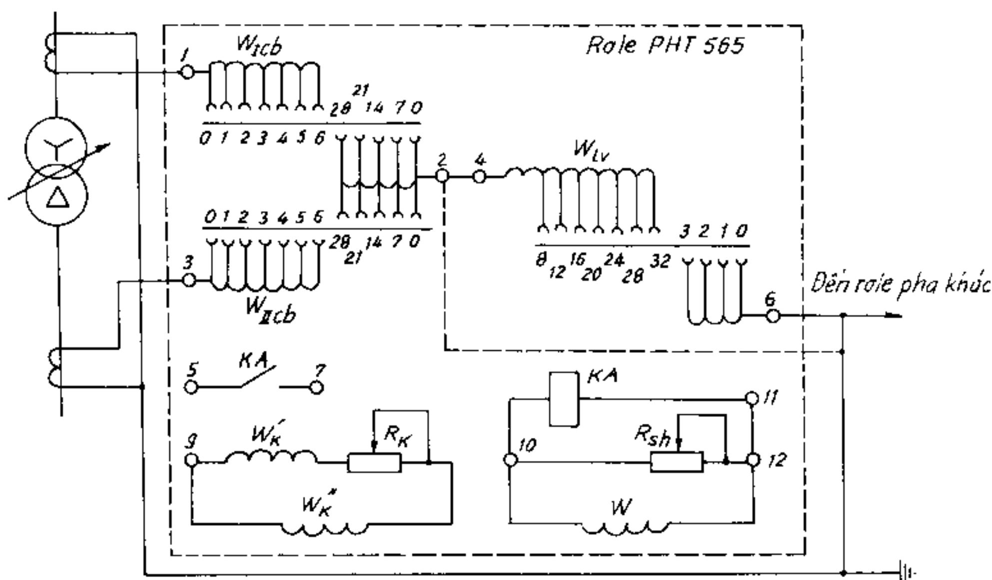
Hình P3-5. Rơle điện động kiểu màng đàn hồi

1. Gá đỡ; 2. Cuộn dây động; 3. Đầu cuộn dây dẫn qua màng đàn hồi; 4. Vỏ ; 5. Màng đàn hồi; 6. Tiếp điểm trên dĩa nhựa; 7. Nam châm vĩnh cửu

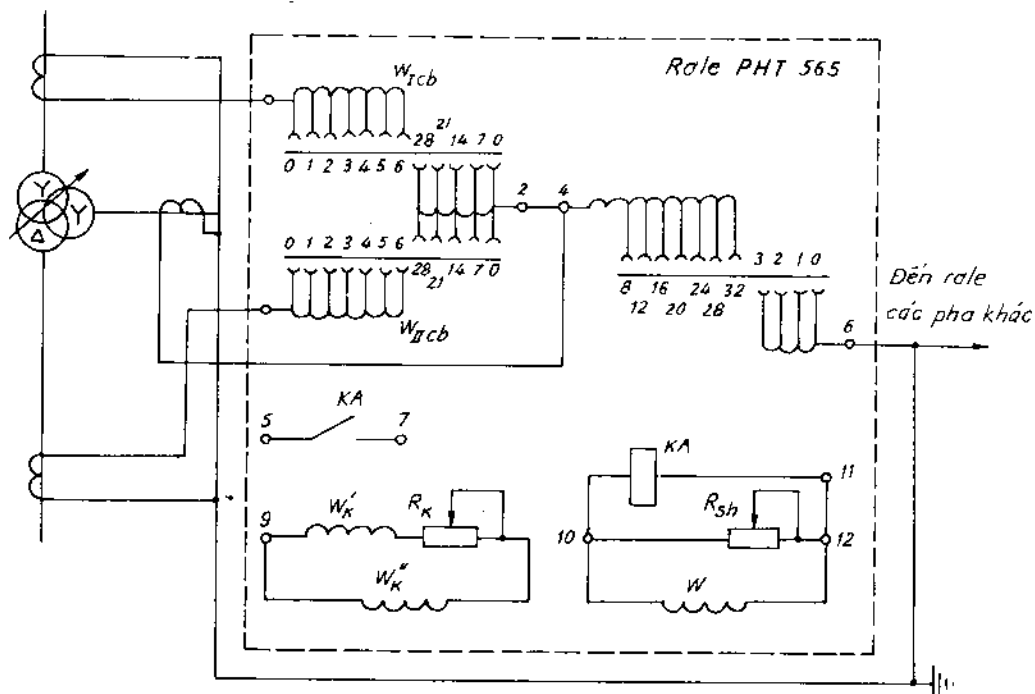
3.3. Các rơle điện cơ của Liên Xô (cũ) [15]

Dưới đây giới thiệu một số loại rơle so lệch của Liên Xô (cũ) và cách mắc chúng trong các sơ đồ bảo vệ.

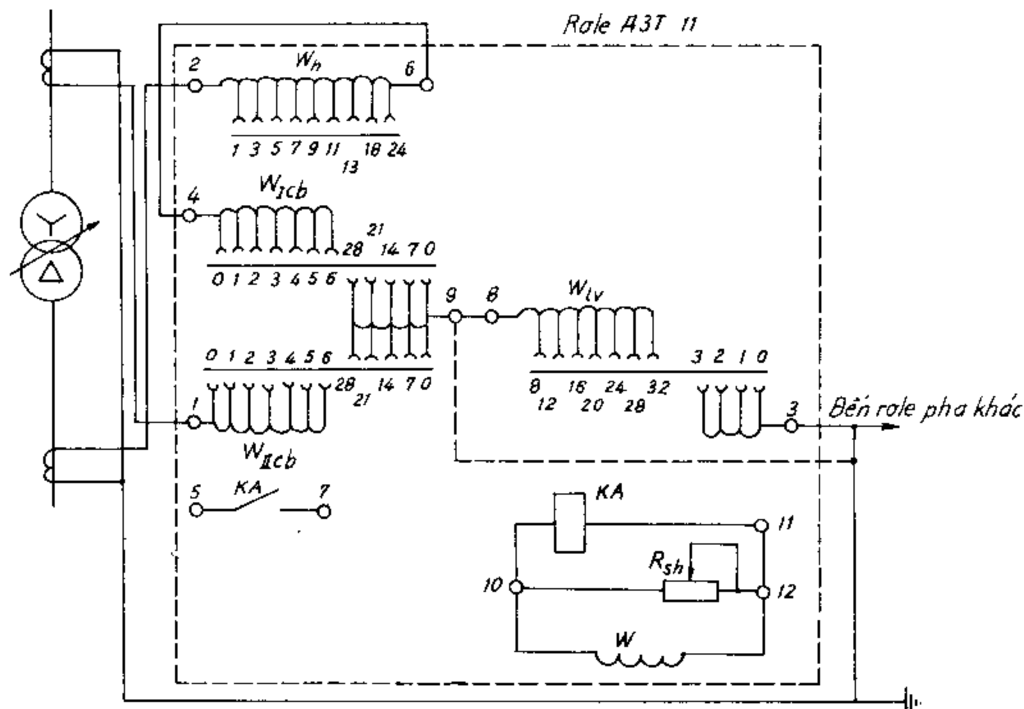
Các rơle trong bảo vệ so lệch PHT-565 và ДЗТ-11.



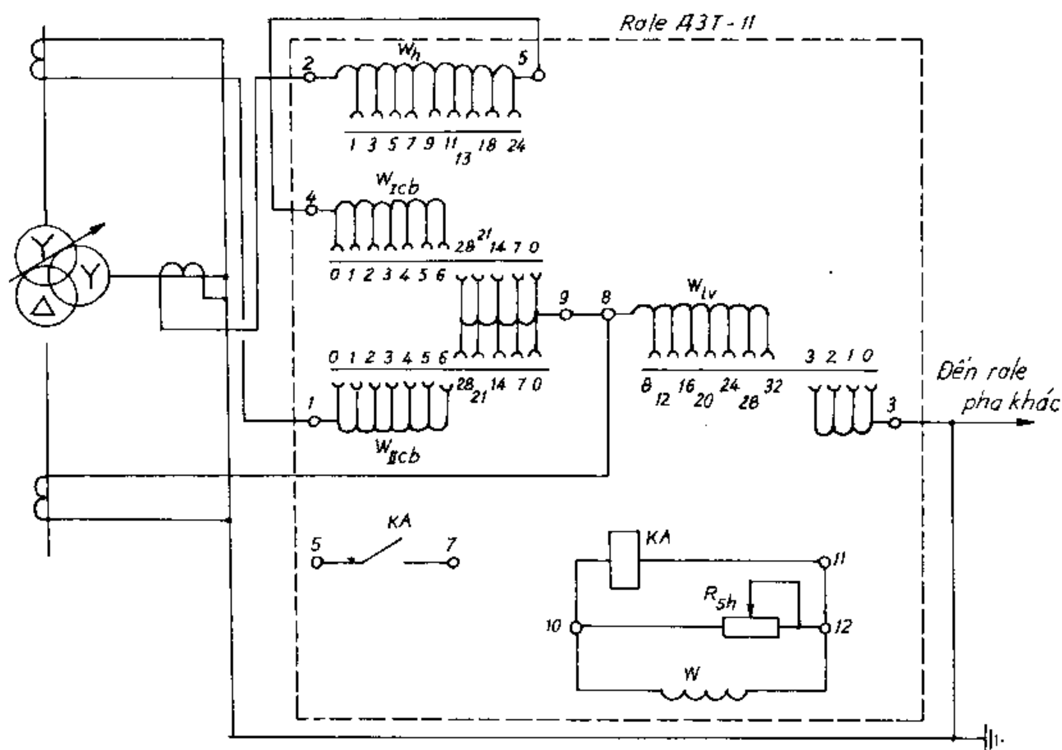
Hình P3-6. Sơ đồ bên trong rơle PHT-565 và cách mắc để bảo vệ biến áp hai cuộn dây W_{cb} - cuộn cân bằng; W_{1v} cuộn làm việc.



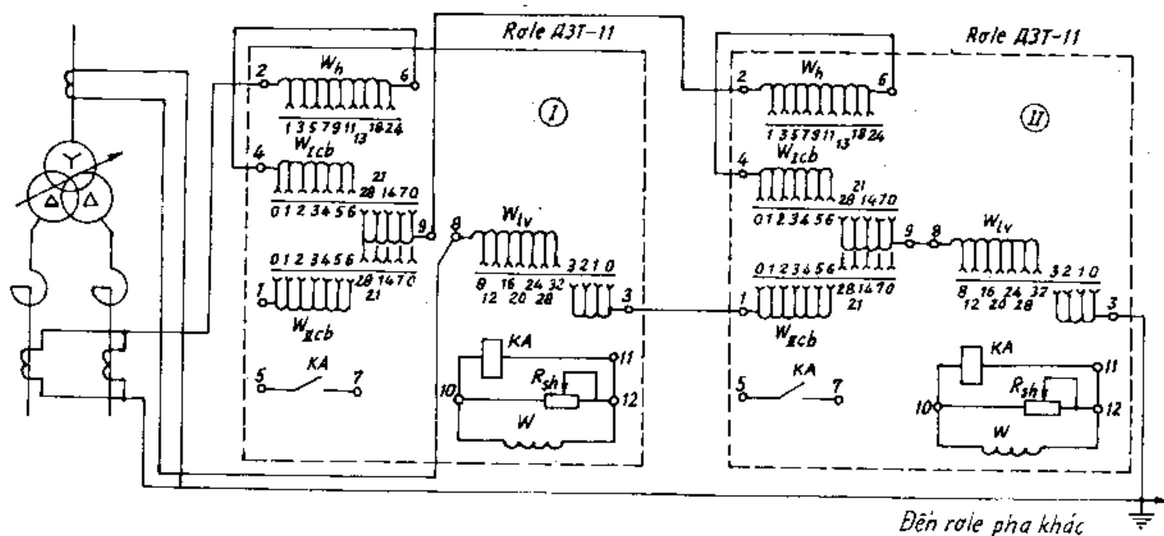
Hình P3-7. Cách mắc rơle PHT-565 trong bảo vệ biến áp ba cuộn dây.



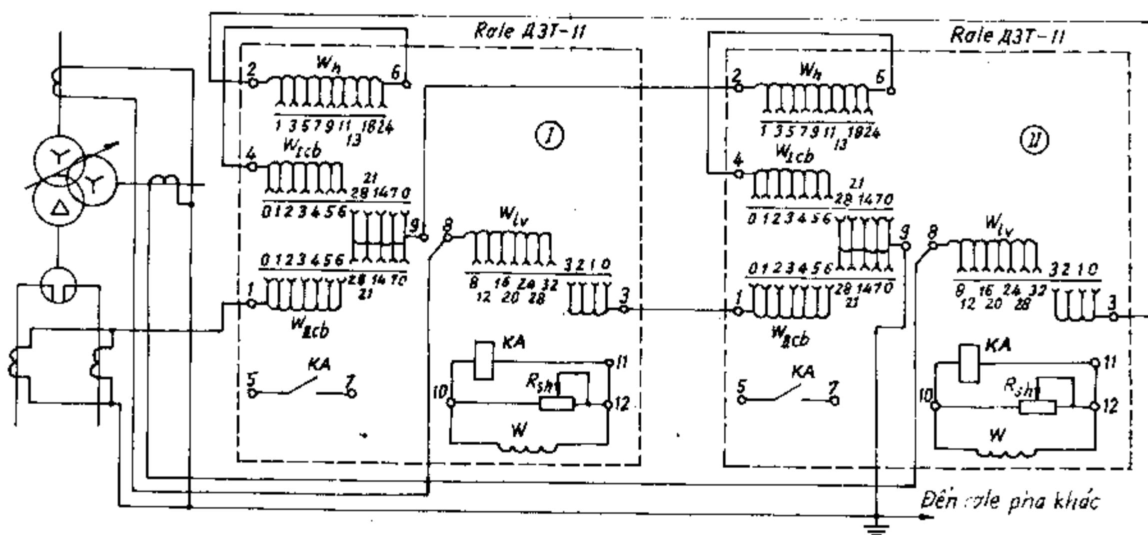
Hình P3-8. Sơ đồ bên trong rơle ДЗТ-11 và cách mắc trong bảo vệ so lệch cho máy biến áp hai cuộn dây. W_h - cuộn hãm; W_{Icb}, W_{IIcb} - cuộn cân bằng I và II; W_{lv} - cuộn làm việc.



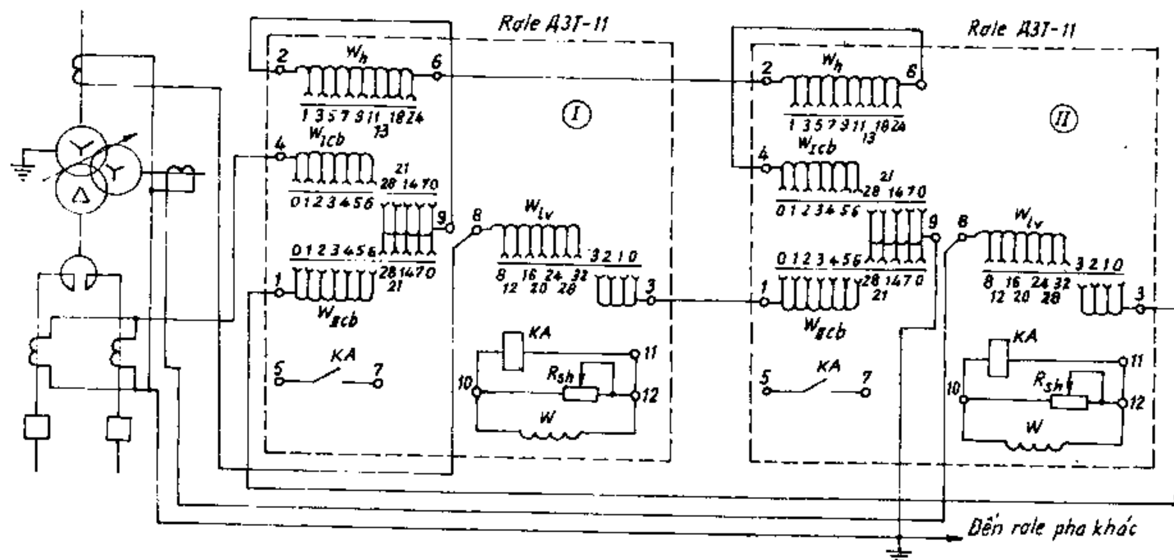
Hình P3-9. Cách mắc rơle ДЗТ-11 trong bảo vệ so lệch cho máy biến áp ba cuộn dây.



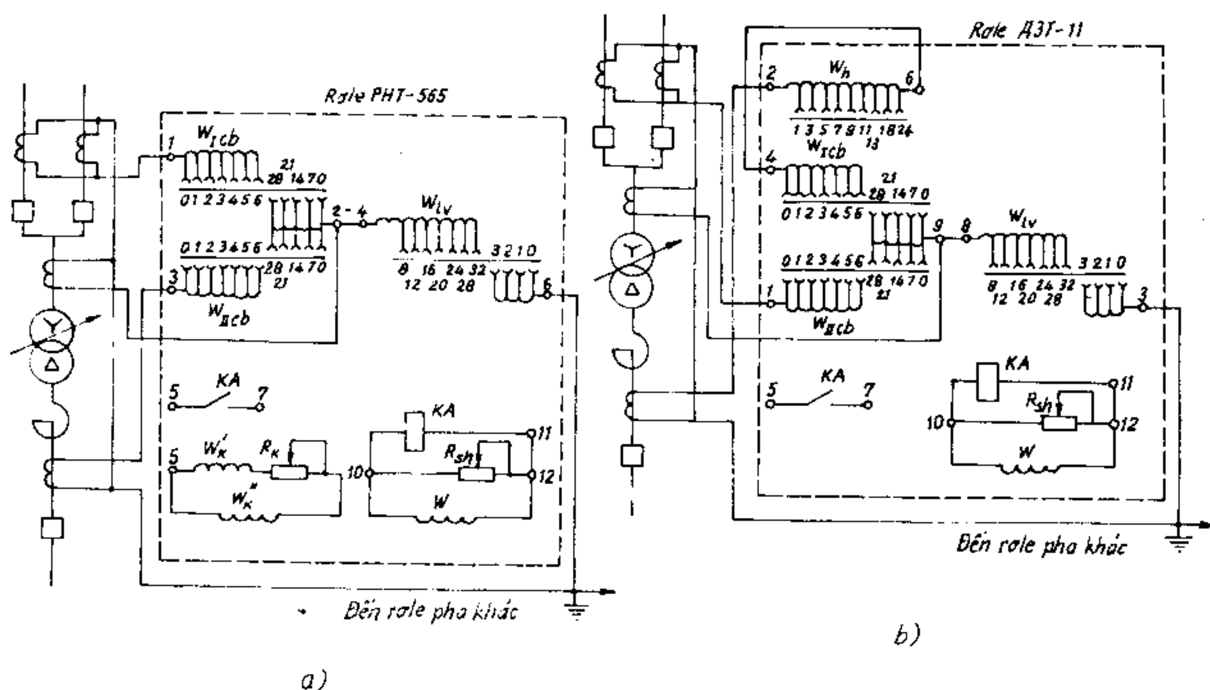
Hình P3-10. Cách mắc hai bộ rơle ДЗТ-11 trong bảo vệ so lệch dòng cho biến áp hai cuộn dây
I - bộ có độ nhạy kém; II - bộ có độ nhạy cao.



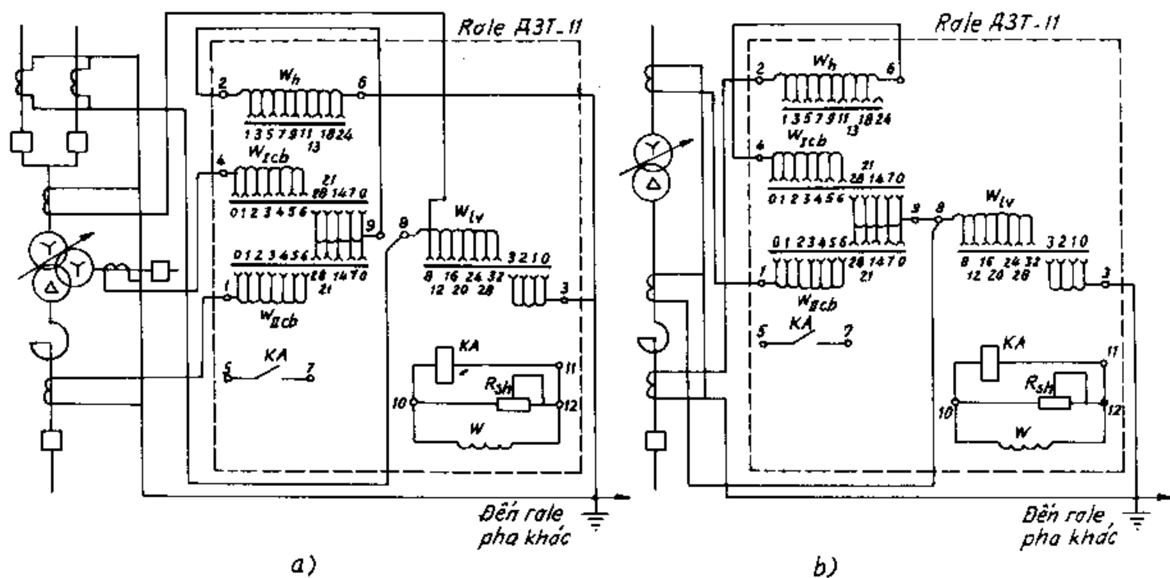
Hình P3-11. Cách mắc hai bộ rơle ДЗТ-11 trong bảo vệ so lệch dòng cho biến áp ba cuộn dây với cuộn hãm của bộ nhạy cảm cao mắc vào tổng các dòng phía trung áp và hạ áp.



Hình P3-12. Cách mắc hai bộ rơle ДЗТ-11 trong bảo vệ so lệch dòng cho máy biến áp ba cuộn dây với cuộn hãm của mỗi bộ rơle mắc vào tổng dòng phía trung áp và hạ áp.



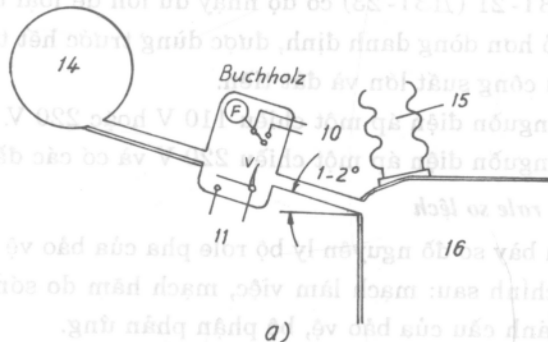
Hình P3-13. Cách mắc rơle trong bảo vệ dòng với hai vùng nhạy khác nhau cho biến áp 2 cuộn dây
a. Với rơle PHT-565 có vùng nhậy kém về phía cao áp; b. Với rơle ДЗТ-11 có vùng nhậy kém về phía cao áp.

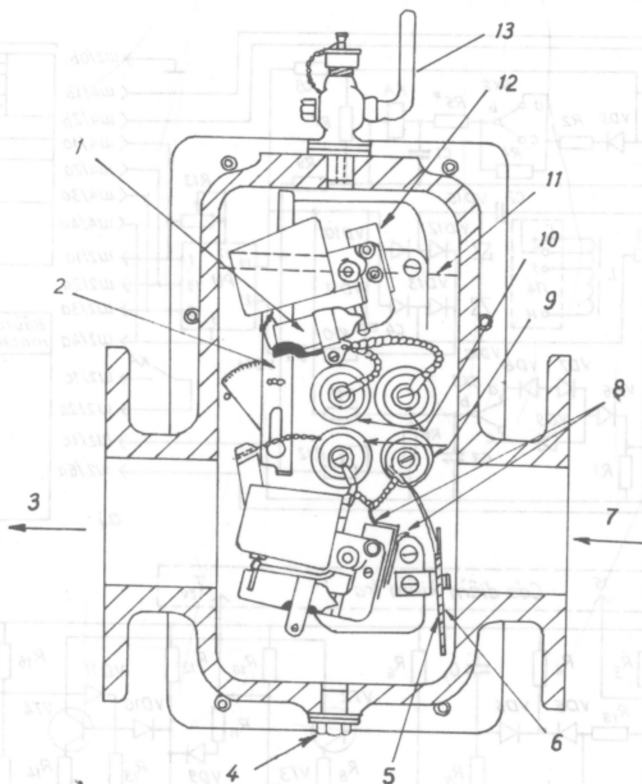


Hình P3-14. Cách mắc rơle ДЗТ-11 trong bảo vệ dòng so lệch:
a. Cho máy biến áp ba cuộn dây với rơle có vùng nhậy kém về phía cao áp;
b. Cho máy biến áp hai cuộn dây với rơle có vùng nhậy cao về phía hạ áp.

PHỤ LỤC 4. RƠLE KHÍ [20]

Hình P4-1 trình bày sơ đồ của rơle khí (bảo vệ Buchholz)





Hình P4-1. Sơ đồ rơle khí (rơle Buchholz)

a. Nguyên lý làm việc; b. Cấu tạo của rơle.

1. Tiếp điểm thủy ngân; 2. Tay đòn để thử nghiệm; 3. Chiều chảy của dầu tới thùng dầu phụ; 4. Lỗ thoát nước trong dầu; 5. Thanh làm lệch tiếp điểm; 6. Thanh chỉnh khẩu độ lệch; 7. Chiều chảy của dầu từ máy biến áp; 8. Các van; 9. Mạch đi cắt; 10. Mạch đi báo tín hiệu; 11. Múc dầu; 12. Khối cân bằng; 13. Ống xả khí; 14. Thùng dầu phụ; 15. Sứ cách điện; 16. Thùng dầu máy biến áp

PHỤ LỤC 5. RƠLE TĨNH

5.1. Các rơle so lệch kiểu ДЗТ-21 (ДЗТ-23) [15]

Bảo vệ dòng so lệch ДЗТ-21 (ДЗТ-23) có độ nhạy đủ lớn để loại trừ các hư hỏng kèm theo dòng trong bảo vệ nhỏ hơn dòng danh định, được dùng trước hết trong bảo vệ các máy biến áp và biến áp tự ngẫu công suất lớn và đắt tiền.

Bảo vệ ДЗТ-21 dùng nguồn điện áp một chiều 110 V hoặc 220 V.

Bảo vệ ДЗТ-23 dùng nguồn điện áp một chiều 220 V và có các đầu ra theo pha.

5.1.1. Nguyên lý làm việc của rơle so lệch

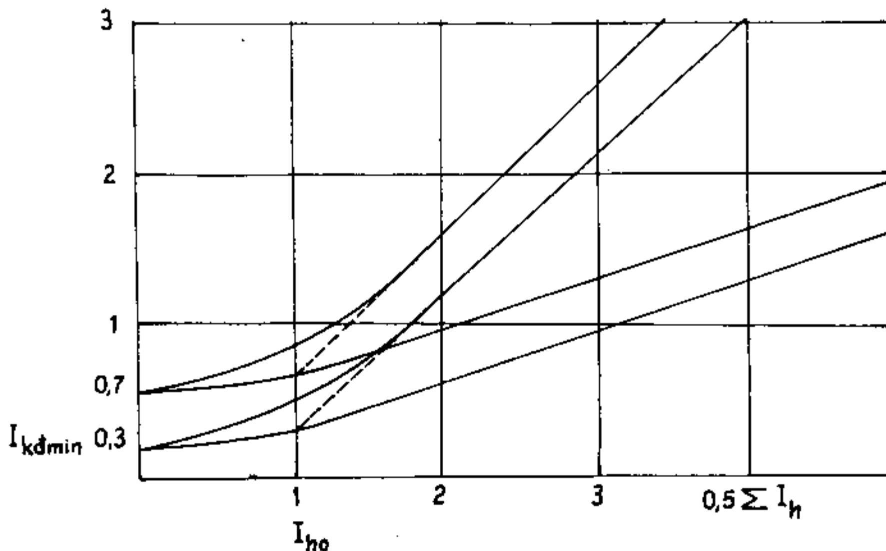
Trên hình P5-1a trình bày sơ đồ nguyên lý bộ rơle pha của bảo vệ so lệch (RBS). Sơ đồ bao gồm các thành phần chính sau: mạch làm việc, mạch hãm do sóng hài bậc hai, mạch hãm do dòng trong các nhánh cầu của bảo vệ, bộ phận phản ứng.

Mạch làm việc bao gồm tranreactơ TAV (cuộn W_2) cầu nắn dòng dùng các điôt VD1-VD4 và các điện trở R7-R9.

Hình P5-1. Sơ đồ nguyên lý của bảo vệ so lệch kiểu ДЗТ-21 (ЗТ-23).
a. Sơ đồ bộ RBS; b. Sơ đồ bộ phản ứng PU của bộ bảo vệ.

Tham số vòng dây tranreactơ và giá trị điện trở R7-R9 và R3 được chọn để cho hằng số thời gian t của mạch thứ cấp (kể cả mạch từ hóa) bằng khoảng 0,06 chu kỳ tần số công nghiệp. Giá trị tối ưu này được chọn theo điều kiện hiệu chỉnh dòng đóng mạch sao cho thành phần không chu kỳ của dòng NM trong vùng bảo vệ được hấp thụ hoàn toàn bởi mạch từ hóa của cuộn tranreactơ trong khoảng thời gian bằng 0,18 chu kỳ tần số công nghiệp. Nhờ đó rơle không bị chậm khi có các dòng NM hình sin với thành phần không chu kỳ.

Khi dòng NM đạt trị số lớn trong vùng bảo vệ, nhất là khi có thành phần không chu kỳ, các biến dòng của bảo vệ có thể bị bão hòa. Khi đó trong dòng thứ cấp của biến dòng xuất hiện đoạn ngắt quãng. Để đảm bảo độ tin cậy và tốc độ thao tác của rơle trong các trường hợp này người ta dùng mạch cắt so lệch gồm điôt VD5, điện trở R2, R4 và R5, tụ C1 và rơle với tiếp điểm điều khiển bằng từ KA. Điôt VD5 ngăn không cho tụ phóng điện tới mạch thao tác trong thời gian dòng bị ngắt quãng. Hằng số thời gian của mạch cắt được cho bằng khoảng 1,5 chu kỳ tần số công nghiệp. Khi đó có thể giả thiết rằng rơle KA phản ứng với giá trị áp trung bình trong cuộn thứ của tranreactơ. Điều này làm giảm ảnh hưởng của sự nhảy dòng từ hóa cũng như các dòng không cân bằng quá độ, nghĩa là mạch cắt sẽ không phản ứng với xung dòng không cân bằng trong chu kỳ đầu tiên từ lúc xảy ra NM. Nhờ có thanh nối SX2 đặt ở mặt trước của thiết bị có thể đạt giá trị dòng cắt bằng 6 $I_{pn,dd}$ (vị trí ab) hoặc 9 $I_{pn,dd}$ (vị trí bc) của tranreactơ, trong đó $I_{pn,dd}$ - dòng danh định của đơn vị phân nhánh của tranreactơ. Thay đổi vị trí thanh nối SX2 thực tế không ảnh hưởng đến các quá trình trong mạch thao tác và tổng các điện trở R2 và R5 lớn hơn rất nhiều so với trở tải mạch thứ của tranreactơ.



Hình P5-2. Các đặc tuyến hãm của rơle ДЗТ-21 (ДЗТ-23).

Chú thích: Các đơn vị được cho có giá trị tương đối so với dòng danh định của các phân nhánh của rơle: (I^*_{sl} - dòng so lệch; I^*_h - dòng hãm)

$$I^*_{sl} = \frac{I_{sl}}{I_{pn,dd}}; \qquad I^*_h = \frac{I_{h,2}}{I_{h,dd}}$$

Để bảo vệ mạch thao tác chống các nhiễu cao tần (với tần số lớn hơn 1000 Hz), người ta mắc tụ điện dung nhỏ C5 song song với cuộn CV2 của tranreactơ.

Tụ này thực tế không ảnh hưởng đến đặc tuyến bảo vệ trong khoảng tần số làm việc.

Để hạn chế hiện tượng nhảy dòng từ hóa khi mắc biến áp không tải vào áp lưới để tránh dòng không cân bằng quá độ khi có NM bên ngoài trong bảo vệ họ ДЗТ-20, người ta sử dụng phương pháp thời gian xung để vô hiệu hóa bảo vệ khi xuất hiện thời gian ngắt quãng trên đặc tuyến dòng so lệch lớn hơn giá trị cho trước, kết hợp với hãm do sóng hài bậc hai.

Mạch hãm do sóng hài bậc hai bao gồm tranreactơ TAV (cuộn W_3), các điện trở R3, R10 bộ lọc sóng hài bậc hai LC2, cầu nắn dòng từ các điôt VD10-VD13, tụ là phẳng tín hiệu C4 và điôt phân cách VD14.

Các điôt ổn áp VD15 và VD16 được dùng để hạn chế tín hiệu hãm ở mức tương ứng với sự nhảy dòng từ hóa theo chu kỳ với biên độ 2 $I_{pn,dd}$. Tín hiệu hãm có thể là dòng được nắn của nhánh bộ lọc gồm tụ C2. Hệ số chất lượng của bộ lọc bằng khoảng 2,3. Khi đó đảm bảo hạn chế được sự nhảy dòng từ hóa theo chu kỳ có thời gian ngưng nghỉ không ít hơn 4,5 ms và tỉ trọng tương đối của sóng hài bậc hai không ít hơn 40%.

Mạch hãm do dòng trong các nhánh của bảo vệ dùng để hạn chế các dòng không cân bằng, quá độ cũng như xác lập mạch bao gồm các biến dòng trung gian TA1 và TA2, các cần nắn VS1, VS2, các điôt VD6, VD7 các điôt ổn áp VD8, VD9 tụ là C3 và các các điện trở R1, R6, R11 và R12. Để có thể lắp thêm các thiết bị hãm phụ trợ người ta thiết kế thêm các đầu ra Ш2/6a và Ш2/7a. Nhờ các điôt ổn áp VD9 hoặc VD8 ở phần đầu của đặc tuyến hãm của rơ-le có đoạn nằm ngang (hình P5-2). Điều này làm tăng độ nhạy của bảo vệ đối với NM trong vùng được bảo vệ khi có dòng tải qua.

Nhờ có thanh nối SX3 người ta có thể đặt đoạn nằm ngang này của đặc tuyến hãm bằng $0,6I_{pn,dd}$ hay 1,0 $I_{pn,dd}$. Điều chỉnh hệ số hãm k_h được thực hiện nhờ biến trở R12, trong đó:

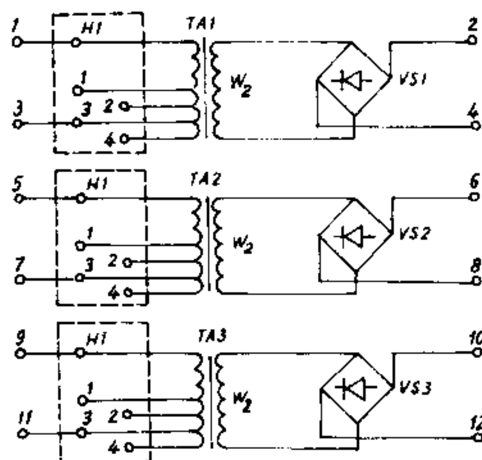
$$k_h = \frac{I_{sl,2}}{0,5\sum I_{h,2}}$$

I_{sl} - số gia tương đối của dòng so lệch;

$0,5\sum I_{h,2}$ - số gia tương đối của nửa tổng các dòng hãm thứ cấp;

k_h- hệ số hãm được điều chỉnh trong khoảng 0,3-0,9.

Sơ đồ nguyên lý của các bộ hãm tụ được trình bày trên P5-3.



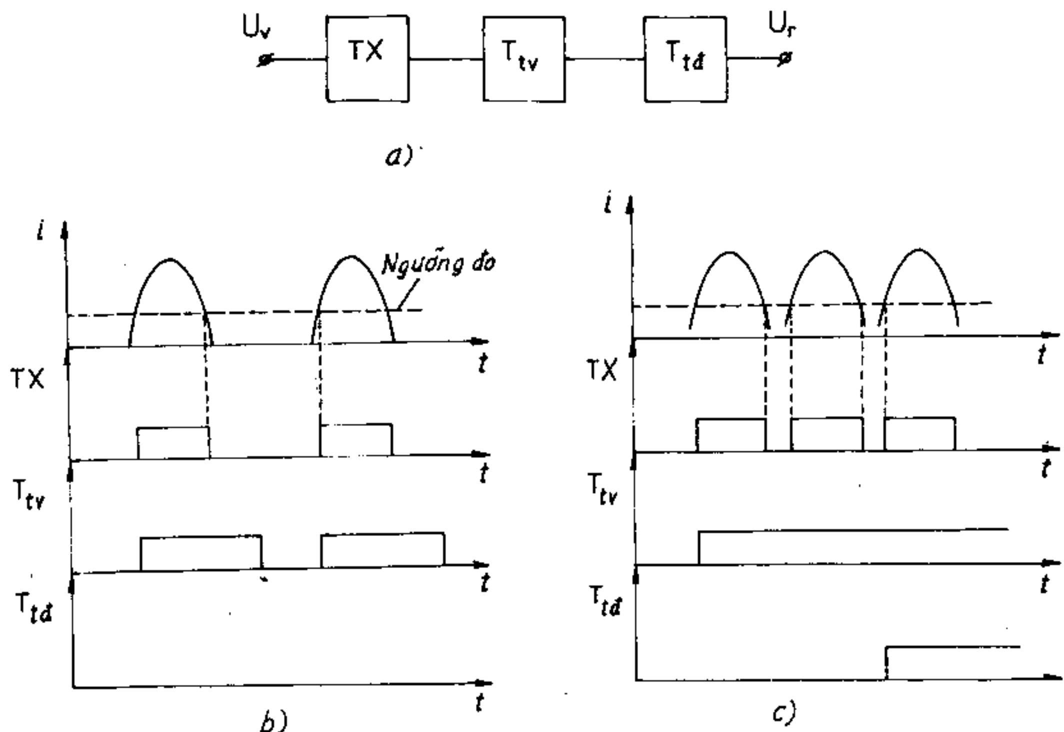
Hình P5-3. Sơ đồ bộ hãm phụ trợ.

5.1.2. Bộ phận phản ứng (PƯ) của rơle

Sơ đồ nguyên lý của bộ phận phản ứng được trình bày trên hình P5- 1b. Phần tử phản ứng bao gồm bộ tạo xung vuông kiểu rơle TX, phần tử trễ khi trở về T_{tv} và phần trễ khi tác động $T_{tđ}$ (hình P5- 4). Khi có hiện tượng nhảy dòng từ hóa theo một dấu (hình P5- 4b), thời gian có tín hiệu được đo ở mức cho trước ở đầu ra của TX lớn hơn thời gian trễ khi trở về của phần tử T_{tv}, ở đầu ra của phần tử này được xuất hiện các đoạn lôgic 0 với chu kỳ của tần số công nghiệp.

Khi đó phần tử T_{tv} với giá trị đặt lớn hơn chu kỳ tần số công nghiệp sẽ không tác động. Khi dòng hình sin đầu vào rơle có trị số lớn hơn giá trị ngưỡng (hình P3- 3c), độ dài các đoạn lôgic 0 ở đầu ra của T trở nên nhỏ hơn thời gian trễ khi trở về phần tử T_{tv} và ở đầu ra của phần tử này xuất hiện giá trị lôgic 1 liên tục và phần tử $T_{tđ}$ sẽ tác động. Giá trị đặt của phần tử T_{tv} nằm trong khoảng 4,5- 5 ms, của phần tử $T_{tđ}$ - khoảng 21- 23,5 ms.

Bộ tạo xung vuông kiểu rơle TX được thiết kế theo sơ đồ bộ khuếch đại - hạn chế trên cơ sở tranzito VT1 (hình P5- 1b). Điều chỉnh dòng tác động của TX và do đó, dòng tác động cực tiểu của toàn bộ rơle được thực hiện nhờ biến trở R13. Phần tử trễ khi trở về Ttv được thực hiện theo sơ đồ cầu và bao gồm mạch nạp R5- C1 và phần tử ngưỡng xây dựng trên cơ sở các tranzito VT2, VT3 và mạch chia áp R6, R17. Hồi tiếp dương trong phần tử phản ứng được thực hiện bằng cách mắc điốt VD7 giữa đầu ra của phần tử phản ứng với trung điểm của mạch chia áp R6, R7. Điện trở nạp R5 của phần tử T_{tv} cũng được nối tới

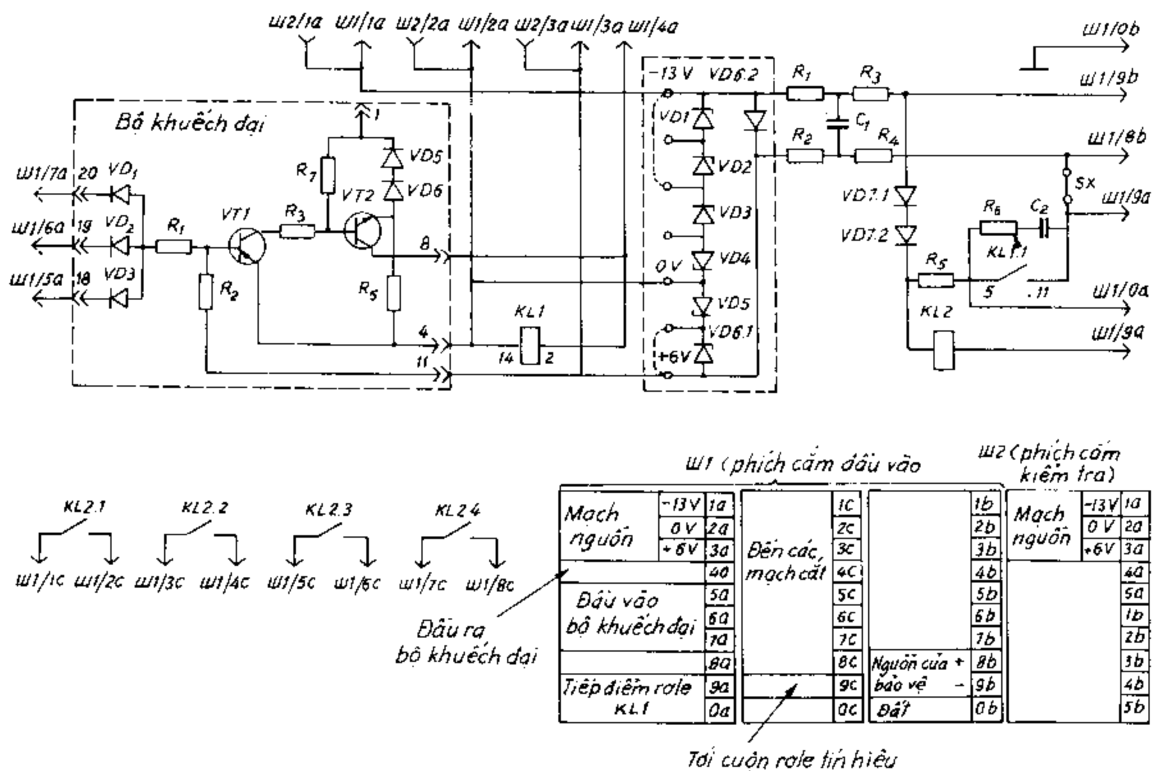


Hình P5-4. Sơ đồ khối và đồ thị thời gian làm việc của phần tử phản ứng.
a. Sơ đồ khối; b. Hành vi của phần tử phản ứng khi có nhảy dòng từ hóa; c. Khi có NM trong vùng bảo vệ.

điểm này. Tụ C3 được dùng để tạo ra độ trễ tác động rất nhỏ cho bộ tạo xung TX (khoảng 0,4 m sec) để nâng cao khả năng chống nhiễu khi có các xung nhiễu dọc cao tần.

5.1.3. Bộ nguồn và điều khiển của rơle **ДЗТ-21**

Sơ đồ bộ nguồn và điều khiển BNĐ của bảo vệ kiểu ДЗТ-21(hình P5-5) bao gồm mạch ổn áp thực hiện trên cơ sở các điốt ổn áp VD4, VD5 và các điện trở R1 - R4. Các điôt ổn áp VD1 - VD3 và điôt DV6.1 được dùng để bù dao động áp được ổn của các điôt ổn áp VD3 và VD5. Dây nối (nét gạch rời, thí dụ ở vị trí + 6 V) được sử dụng phụ thuộc vào áp danh định của các điôt ổn áp theo quy định của nhà máy sản xuất. áp danh định để cung cấp nguồn cho các mạch bán dẫn được quy định là - 13 V, + 6 V.



Hình P5-5. Sơ đồ bộ nguồn và điều khiển bảo vệ so lệch kiểu ДЗТ-21

Điôt VD6.2 được dùng để bảo về cho các điốt ổn áp VD1 - VD3 khi có áp ngược dấu đặt vào bộ nguồn và điều khiển. Tụ C1 dùng để ngăn chặn ảnh hưởng của nhiễu theo mạch nguồn tới các phần tử phản ứng của rơle.

Ở đầu ra bộ khuếch đại thực hiện bởi các tranzito VT1 - VT2 có mạch HOẶC xây dựng trên cơ sở các điôt VD1 - VD3 và dùng để liên kết các đầu ra của các phần tử phản ứng của rơle mỗi pha với rơle trung gian KL1. Tiếp điểm của rơle này nằm trong mạch cuộn rơle đầu ra trung gian KL2. Mạch dập tia lửa điện R6, C2 và các điôt VD7.1 và VD7.2 được dùng để tạo điều kiện khép mạch thuận lợi cho tiếp điểm kín.

Trong sơ đồ người ta lắp sẵn mạch ra Ш1/9a cho phép mắc rơle tín hiệu PY-21 nối

Hình P5-6. Sơ đồ bộ nguồn và điều khiển bảo vệ so lệch kiểu ДЗТ-23

tiếp với cuộn rơle KL2, và mạch ra Ш1/0a cho phép mắc thêm rơle trung gian bổ sung. Khi áp danh định là 220 V cần dùng rơle tín hiệu PY-21/0,015 còn khi áp 110 V dùng PY - 21/0,025. Công suất tiêu thụ của rơle trung gian bổ sung cần không vượt quá 8W. Thanh nối SX cho phép loại trừ áp nguồn khỏi rơle trung gian KL2.

5.1.4. Bộ nguồn và điều khiển của rơle ДЗТ -23

Sơ đồ bộ nguồn và điều khiển của bảo vệ ДЗТ-23 (hình P5-6) bao gồm ổn áp nguồn giống như ở sơ đồ của bảo vệ ДЗТ-21. Sơ đồ có ba bộ khuếch đại dùng tranzito VR1 - VT3.

Chúng qua các điôt VD3 - VD1 nối lần lượt với đầu ra của các phần tử phản ứng của rơle mỗi pha và tác động bởi các rơle đầu ra công suất nhỏ KL1 - KL3.

Các tiếp điểm của rơle KL1.1 - KL3.1 qua tương ứng các điốt VD8.1, VD8.2, VD9.1 tác động với rơle trung gian đầu ra KL4. Vòng dập tia lửa điện R6-C2, R7 - C3, R8 - C4 và các điôt VD7.1 và VD7.2 dùng để cải thiện điều kiện đóng mạch của các tiếp điểm kín. Trong sơ đồ người ta lắp sẵn mạch ra Ш1/9c để mắc rơle tín hiệu PY-21 nối tiếp với cuộn rơle KL4, và các mạch ra Ш1/8a, Ш1/4b, Ш1/5b để mắc các rơle trung gian bên ngoài. Thanh nối SX cho phép loại trừ áp nguồn khỏi rơle trung gian KL4.

5.1.5. Biến dòng dùng cho các rơle

Trong các bảo vệ ДЗТ-21 (ДЗТ-23) rơle được thiết kế để dùng dòng thứ cấp danh định 5 A: Nó được nối tới các biến dòng với dòng thứ cấp 1 A bằng biến dòng tự ngẫu kiểu AT - 31. Để mắc các nhánh của bảo vệ với dòng thứ cấp danh định lớn hơn 5 A người ta dùng biến dòng tự ngẫu kiểu AT- 32.

Vì rằng trong cuộn sơ cấp của tranreactơ TAV mạch làm việc có cả thảy 6 phân nhánh ra, còn trong cuộn sơ cấp của các biến dòng TA1 và TA2 của mạch hãm - 4 phân nhánh từ 2,5 A đến 5 A, các biến dòng tự ngẫu kiểu AT- 31 và AT - 32 có thể được dùng để hòa bằng các dòng thứ cấp trong các nhánh của bảo vệ.

Các biến dòng tự ngẫu được thực hiện kiểu 1 pha và hợp thành bộ với rơle (không nhiều hơn 15 chiếc). Sơ đồ nguyên lý của các biến dòng tự ngẫu AT- 31 và AT- 32 được trình bày trên hình P5- 1.

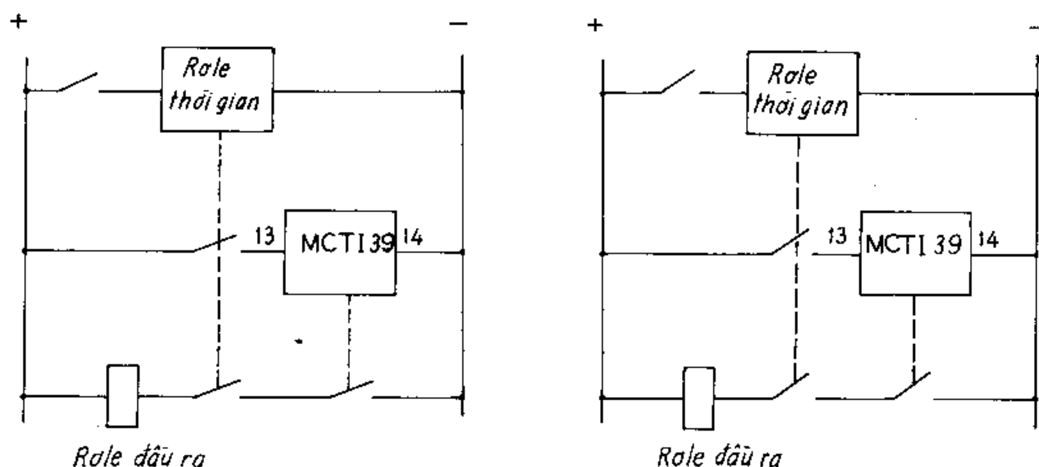
5.1.6. Các rơle thao tác đầu ra

Thời gian tác động của bảo vệ khi có dòng bằng 2 $I_{td,b}$ (tđ - tác động, b - bảo vệ) và không dùng hãm, không lớn hơn 0,033s nếu không có rơle đầu ra và 0,045s nếu có rơle đầu ra. Các tiếp điểm của rơle đầu ra KL2 (hình P5- 5) và KL4 (hình P5- 6) có công suất 50 W. Công suất tiêu thụ trong mạch xoay chiều khi có dòng danh định lần lượt là 2 V.A (không có biến dòng tự ngẫu) và có 5 V.A (có biến dòng tự ngẫu).

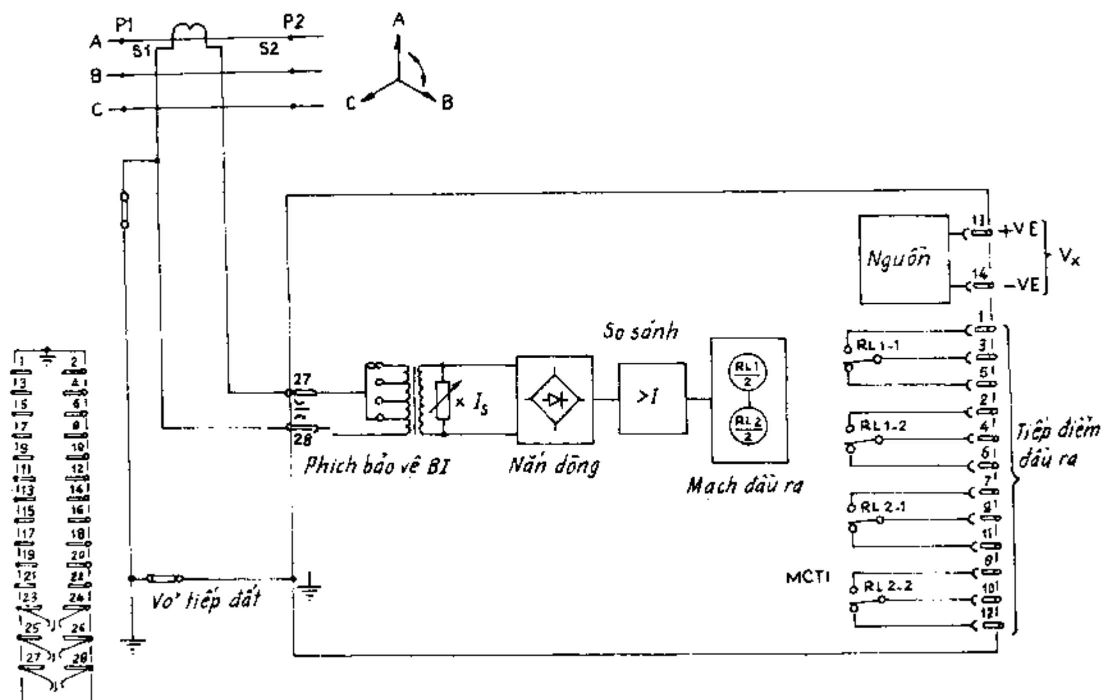
Mỗi pha của bảo vệ kiểu ДЗТ- 23ở đầu ra có các rơle công suất nhỏ (KL1 - KL3, trên hình P5- 6) tiếp điểm của chúng cho phép đóng mạch trở - cảm công suất không lớn hơn 8W khi có áp danh định một chiều 220 V.

5.2. Các rơle quá dòng

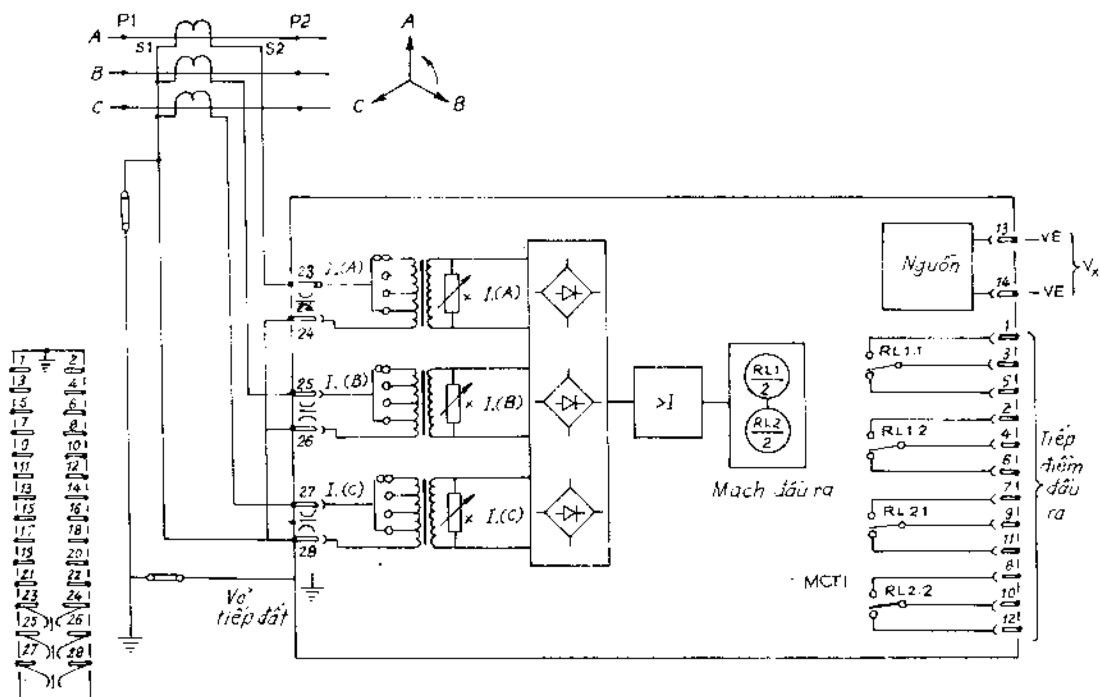
5.2.1. Rơle quá dòng tác động tức thời MCTI



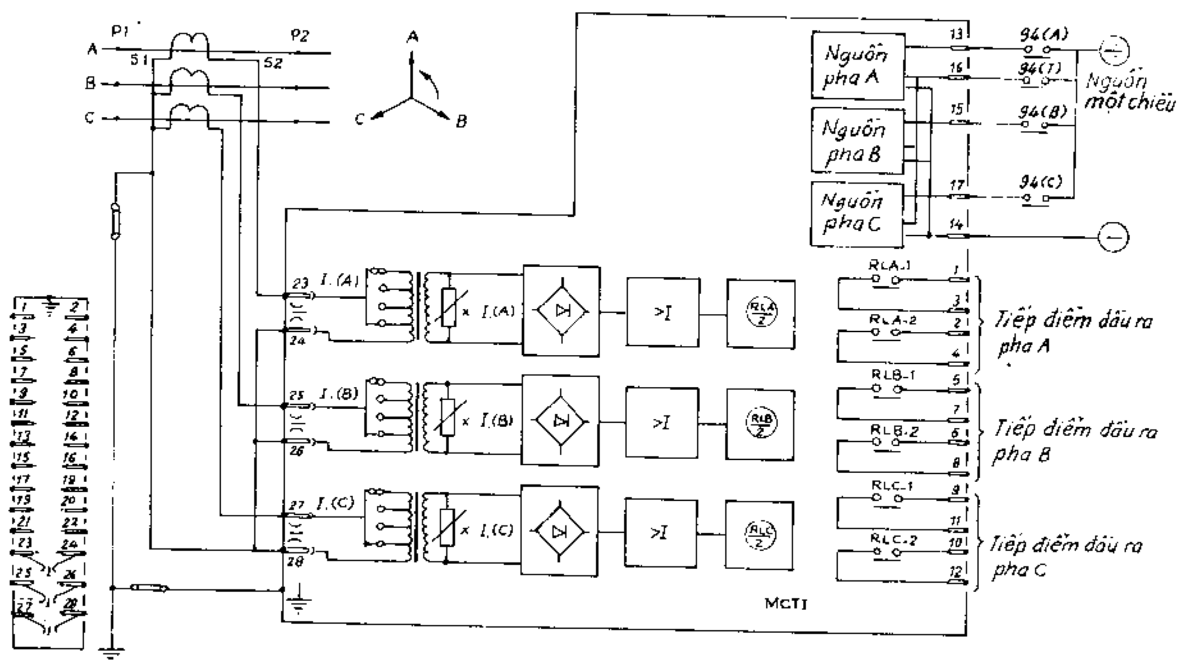
Hình P5-7. Cách mắc rơle MCTI với rơle thời gian.
a. Sơ đồ nên dùng; b. Sơ đồ ngược.



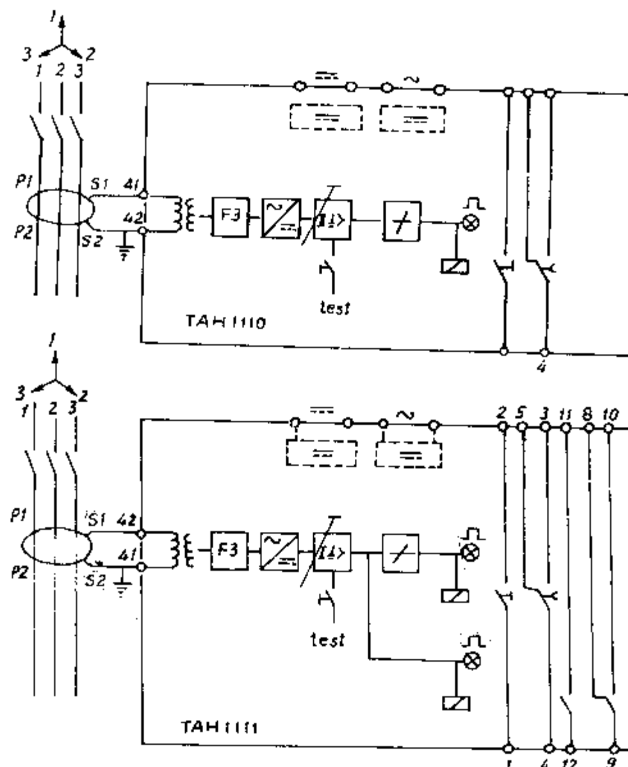
Hình P5-8. Sơ đồ khối rơle quá dòng một pha MCTI 19



Hình P5-9. Sơ đồ khối rơle quá dòng ba pha một đầu ra MCTI 39

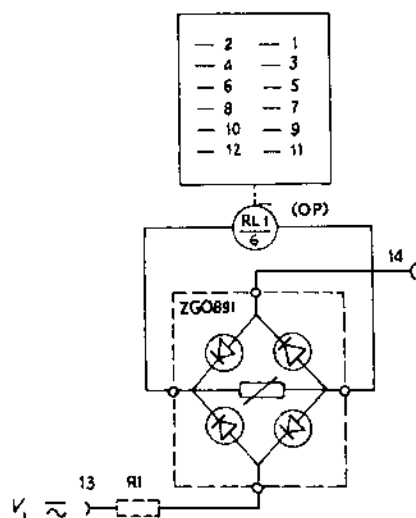


Hình P5-10. Sơ đồ khối rơle quá dòng ba pha ba đầu ra MCTI 40

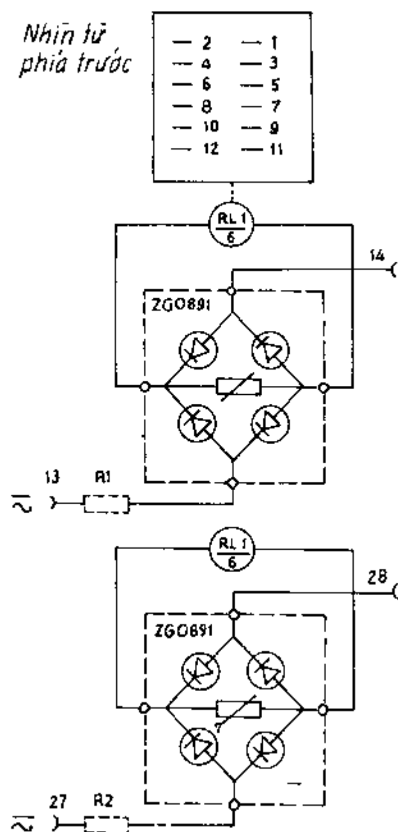


Hình P5-11. Sơ đồ khối rơle quá dòng thứ tự không, họ TAH









Hình P5-12. Sơ đồ nguyên lý các rơle trung gian họ MVAA
a. Rơle MVAA 11; b. Rơle MVAA 14

Họ rơle quá dòng tác động tức thời MCTI do hãng GEC ALSTHOM (Anh và Pháp) sản xuất. Đó là các rơle MCTI 19, MCTI 39, MCTI 40. Chúng là các rơle tác động tức thời, vì vậy có thể được dùng trong các sơ đồ với các rơle thời gian (hình P5- 7) như rơle thời gian trình bày trên hình 9- 13. Đây là loại rơle quá dòng dùng bán dẫn. MCTI 19 là rơle quá dòng một pha với 4 tiếp điểm đầu ra (hình P5- 8), rơle MCTI 39 là loại ba pha chung một đầu ra với 4 tiếp điểm (hình P5- 9), còn rơle MCTI 40 là rơle ba pha với các đầu ra độc lập (hình P5- 10).

5.2.2. Rơle dòng thứ tự không TAH (hãng GEC ALSTHOM)

Rơle điện từ kiểu *TAH* được thiết kế riêng cho dòng thứ tự không. Ở đây có những bộ lọc đặc biệt nhằm loại bỏ các sóng hài bậc cao đi kèm theo dòng thứ tự không.

5.3. Các rơle trung gian

Các rơle trung gian họ MVAA (hãng GEC ALSTHOM)

Rơle họ MVAA là loại rơle trung gian công suất thấp được dùng trong các sơ đồ điều khiển như phát tín hiệu ghi âm, còi báo hay đóng tiếp điểm khởi động thiết bị số, v.v... Đây là loại rơle dùng áp đưa từ bên ngoài tới cuộn rơle qua mạch cầu nắn dòng bằng điôt, do đó nó có thể được dùng cho mạch một chiều hay xoay chiều. Các rơle trong họ MVAA khác nhau bởi cách đặt lại trạng thái ban đầu của rơle. Ngoài ra mỗi một rơle có thể có bộ phận báo hiệu rơle đã tác động: khi rơle tác động có một vạch đỏ rộng rơi xuống ô vuông màu trắng đặt ở phần trước của rơle. Có thể đặt lại rơle bằng cách đưa vạch đỏ trở lại vị trí ban đầu. Sơ đồ các loại rơle này được trình bày trên hình P5- 12.

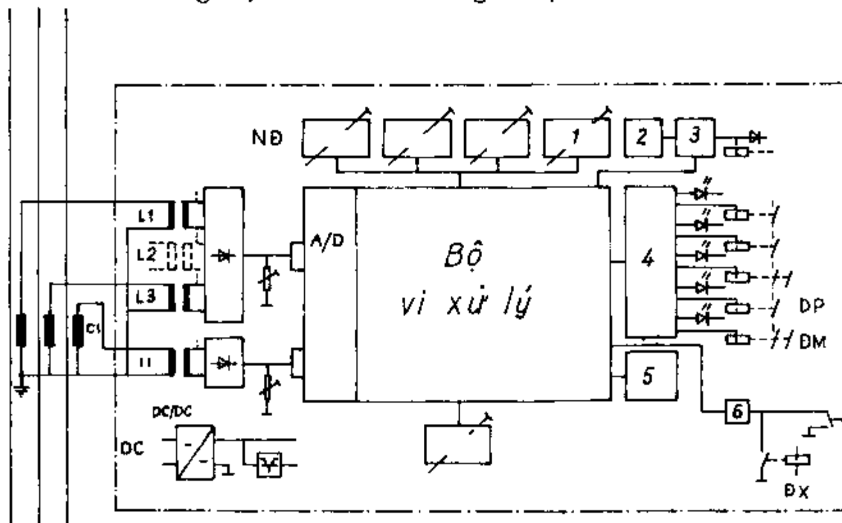
PHỤ LỤC 6. RƠLE SỐ

6.1. Rơle quá dòng dùng vi xử lý 7SJ50 (Siemens)

Đây là loại rơle số có bộ vi xử lý thế hệ đầu. Việc đặt tham số thông qua các núm chỉnh định giống như rơle tĩnh.

Rơle 7SJ50 dùng vi xử lý là loại rơle quá dòng/quá tải hoạt động theo chương trình với các đặc tuyến thời gian khác nhau. Đầu vào có thể là loại ba pha hoặc hai pha với dòng chạm đất qua điện trở (có độ nhạy cao).

Rơle có thể làm việc với dòng một chiều dao động từ 60 đến 220 V. Các tiếp điểm công suất lớn 1000 W khi đóng mạch và 30 W khi ngắt mạch.



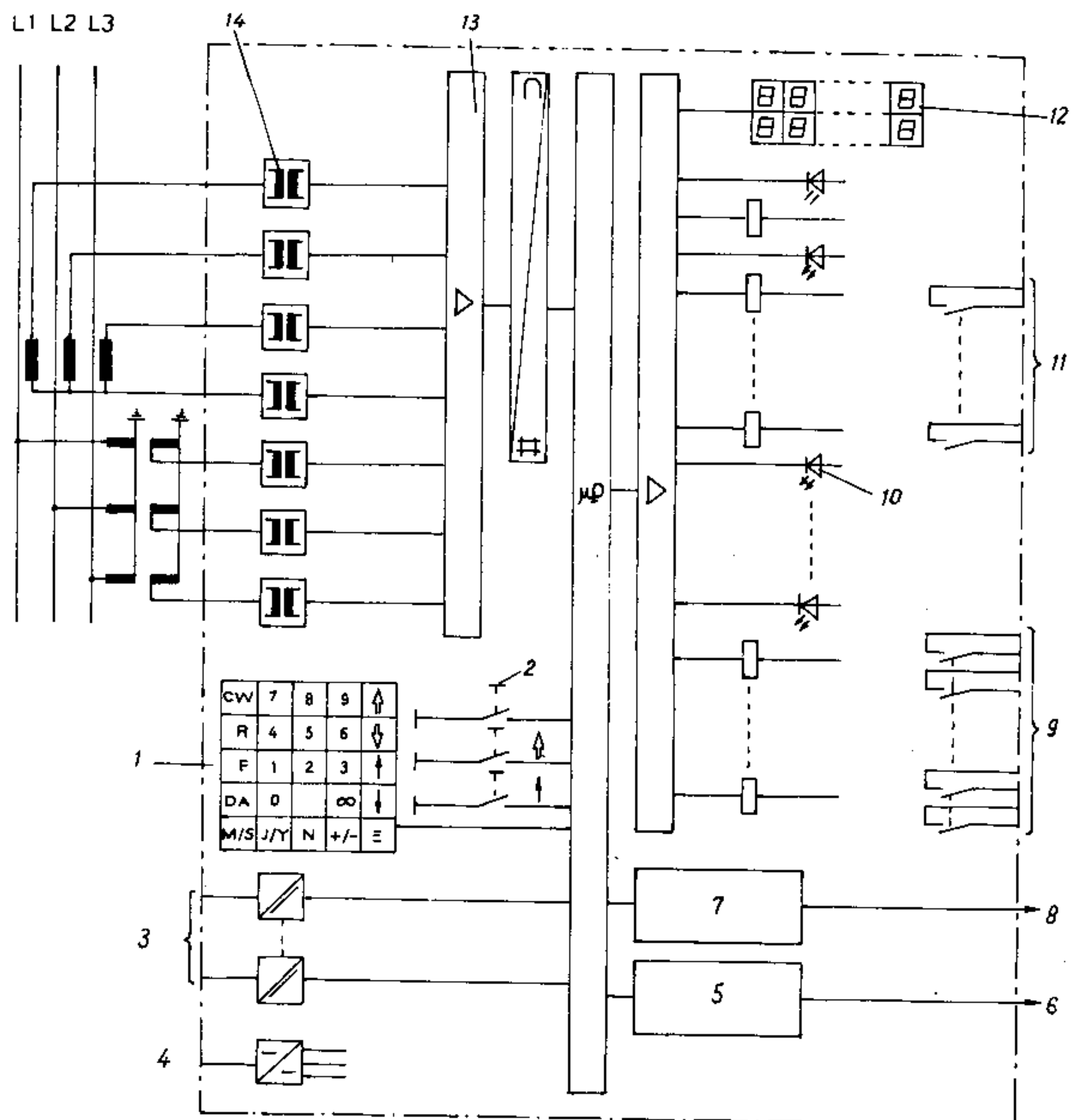
Hình P6-1. Sơ đồ khối rơle quá dòng/quá tải dùng bộ vi xử lý 7SJ50.
DC - nguồn một chiều; DC/DC - bộ chuyển đổi ổn áp một chiều 60 - 220 V; AD - bộ chuyển đổi tương tự - số; DP - tiếp điểm dự phòng; ĐM - tiếp điểm đóng mạch; ĐX - đặt lại rơle từ xa;
NĐ - núm đặt lại các giá trị dòng và thời gian tác động.
1. Đặc tuyến tác động; 2. Điều khiển nguồn một chiều; 3. Mạch lật chờ; 4. Khuếch đại tín hiệu ra rơle;
5. Bộ nhớ chương trình làm việc của rơle; 6. Đặt lại rơle

6.2. Rơle khoảng cách 7SA511 (Siemens) [17] và môđun vào ra thông tin tương tự/số ZEA, GEA

Dưới đây trình bày sơ đồ khối và các bản mạch của rơle khoảng cách 7SA11 [11], cùng các môđun vào ra tương tự/số, ZEA, GEA.

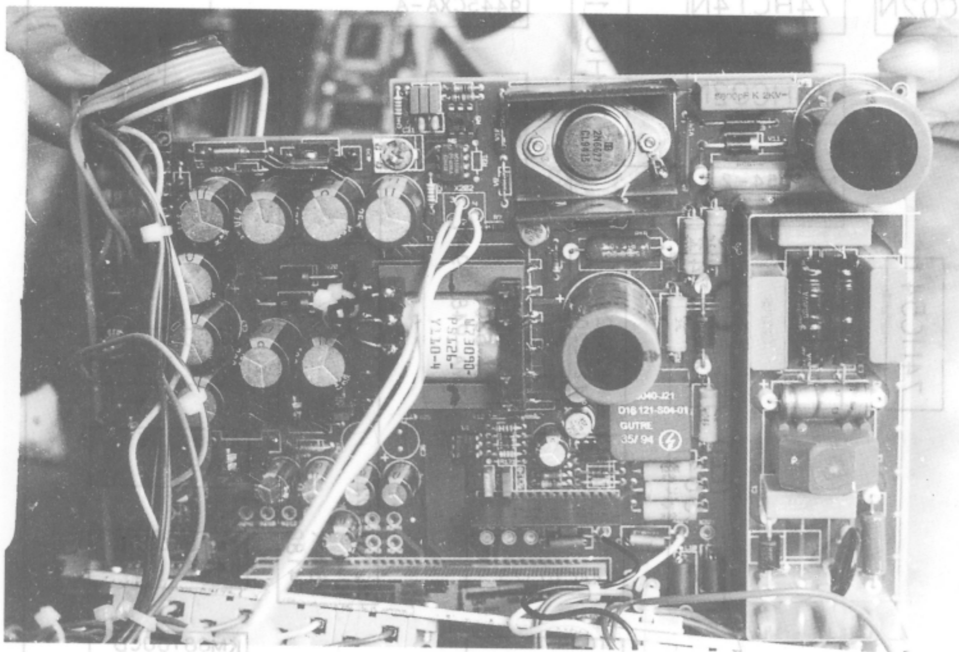
Trên hình P6-3, P6-4 trình bày hình dáng bên ngoài của môđun nguồn và môđun bộ vi xử lý (phần lôgic). Có thể so sánh hình P6-4 với hình P6-5, ở đó giới thiệu vị trí các vi mạch trên bản mạch bộ vi xử lý. Ở đây có bộ vi xử lý 80186 có 16 bit dữ liệu, bộ chuyển đổi tương tự số ADS74AKD 12 bit, bộ EPROM M27C4002 v.v...

Các hình P6-6 đến P6-9 trình bày hình dáng bên ngoài và vị trí các vi mạch của các môđun vào ra thông tin tương tự và số ZEA và GEA. Ở đây ta có thể thấy các biến dòng, biến áp tín hiệu (biến dòng: A1111; biến áp:A1112), các rơle thao tác đầu ra (V23037) và rơle tín hiệu (Matsushita), các bản mạch xử lý tín hiệu đầu vào số.

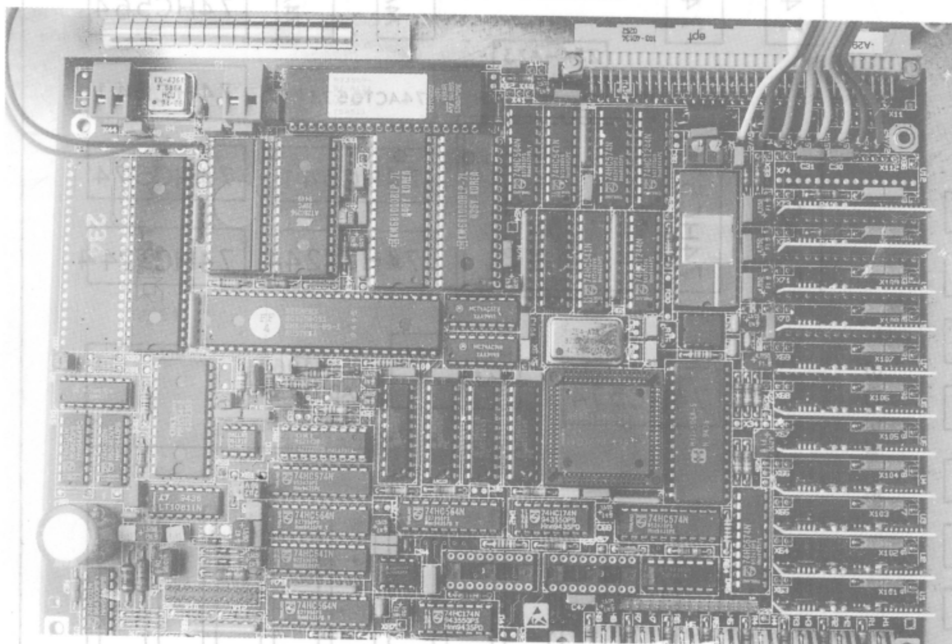


Hình P6-2. Sơ đồ khối của bảo vệ khoảng cách 7SA511

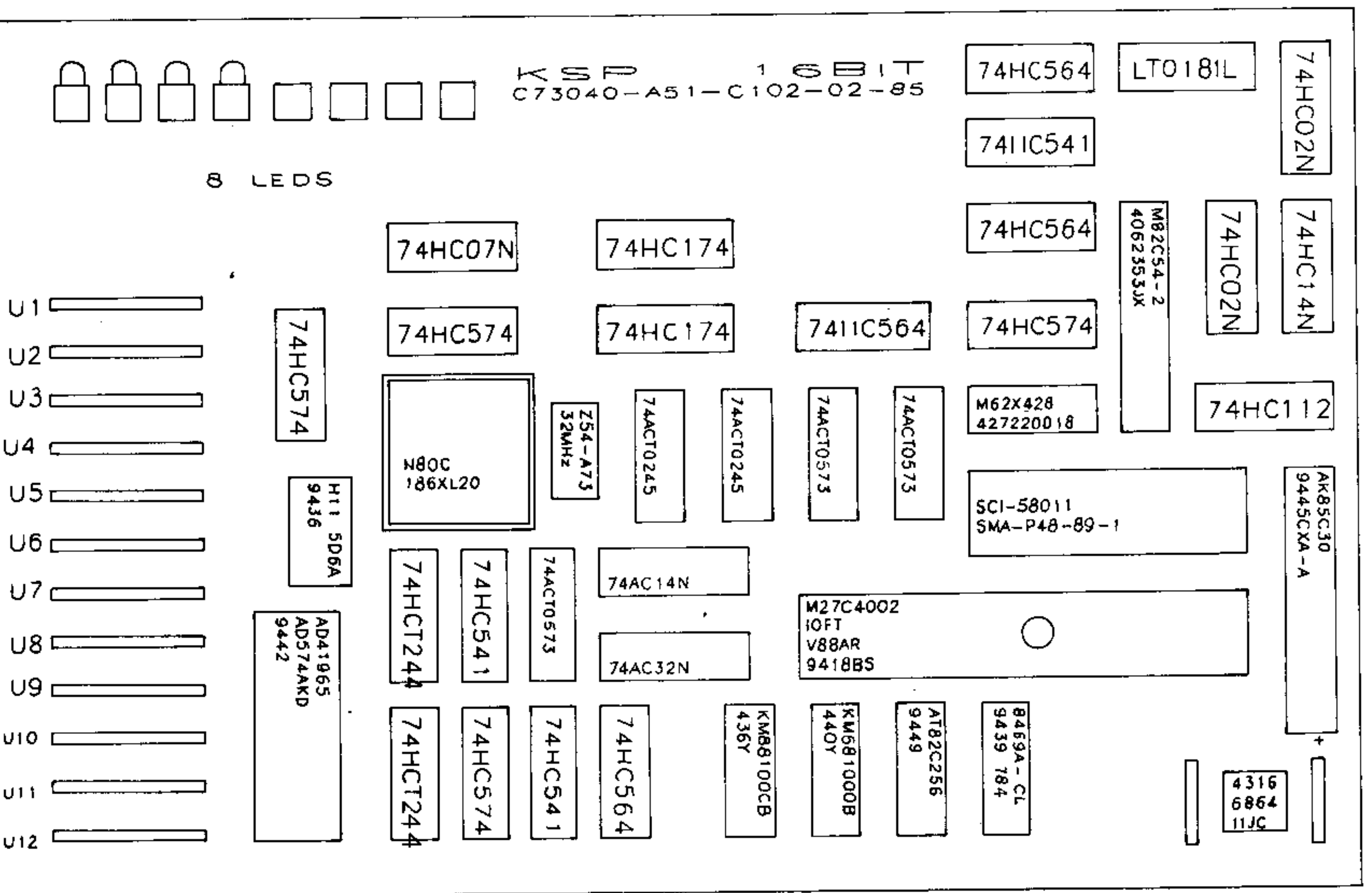
1. Giao diện người sử dụng; 2. Giải trừ đèn LED; 3. Các đầu vào số (có thể lập trình được); 4. Nguồn; 5. Cổng tuần tự; 6- Đi máy vi tính; 7. Cổng cáp quang; 8. Đi trung tâm điều độ; 9. 5 x 2 lệnh cắt (có thể lập trình được); 10. Các đèn LED(có thể lập trình được); 11. Các tín hiệu thông báo (có thể lập trình được); 12. Màn hình tinh thể lỏng (2 x 16 ký tự); 13. Bộ phận xử lý tín hiệu tương tự; 14. Các BI, BU tín hiệu.



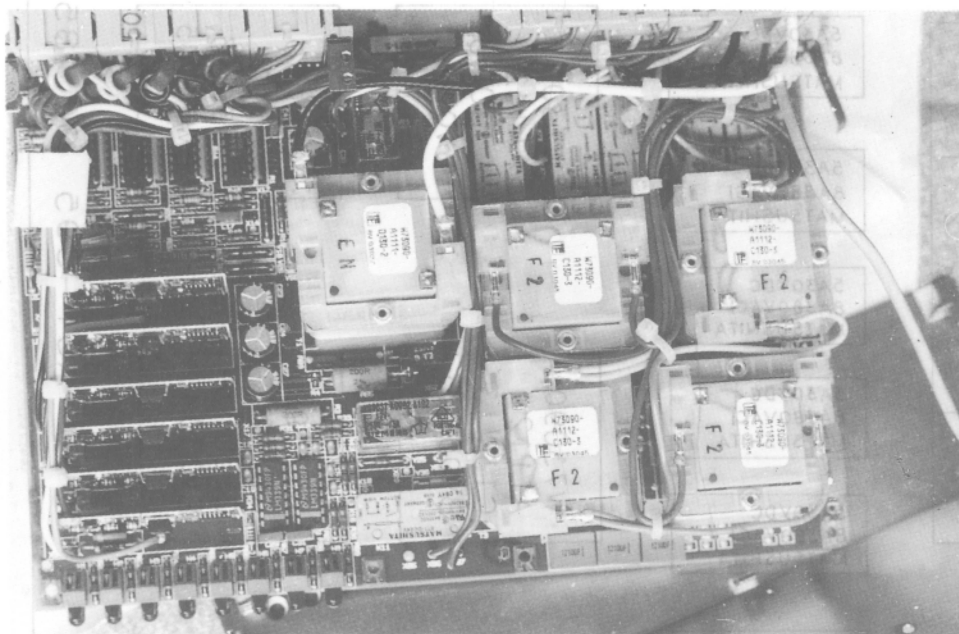
Hình P6-3. Hình dáng bên ngoài của môđun nguồn



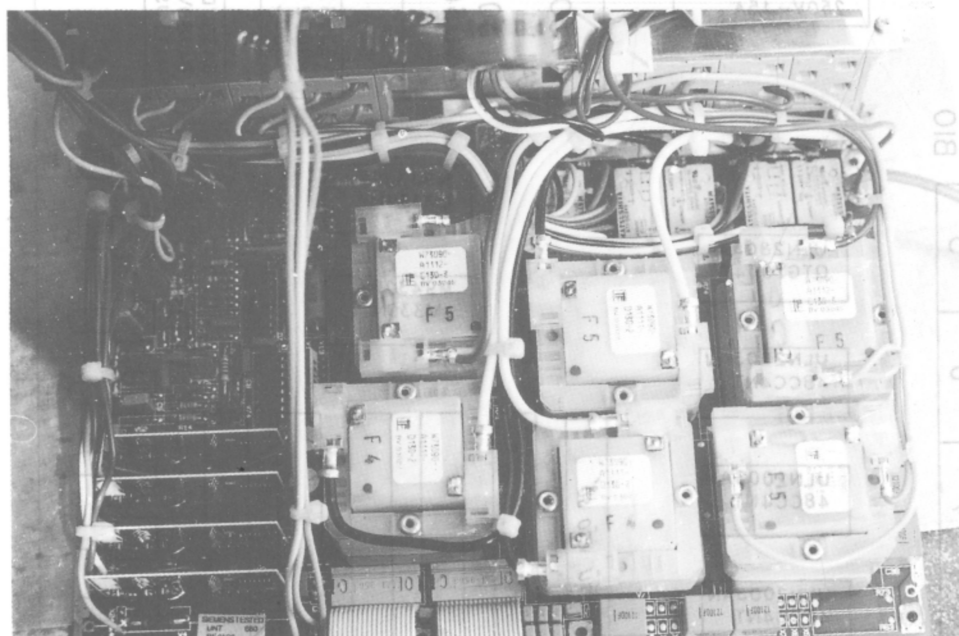
Hình P6-4. Hình dáng bên ngoài của môđun bộ vi xử lý



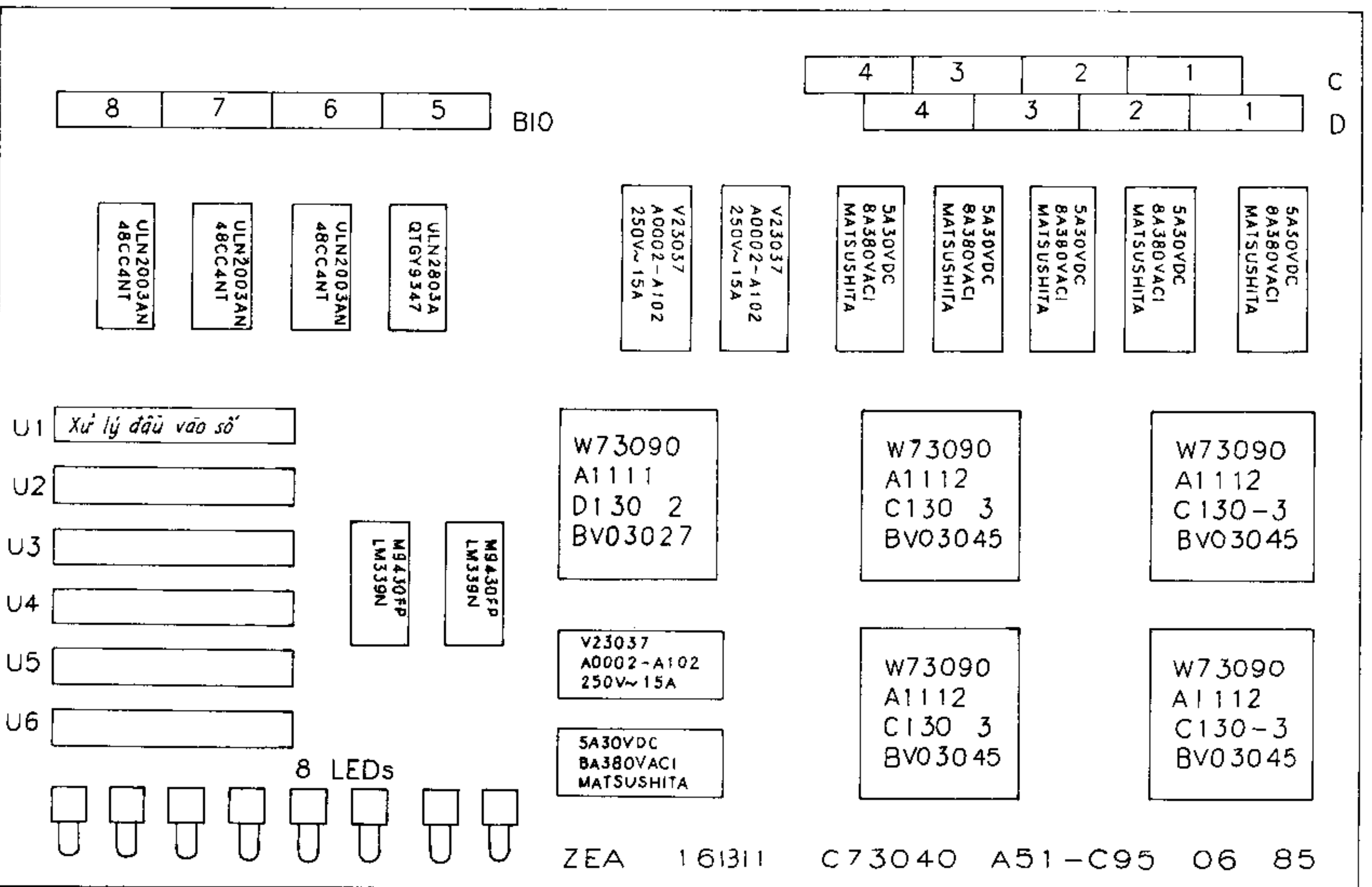
Hình P8-5. Vị trí các vi mạch của môđun bộ vi xử lý



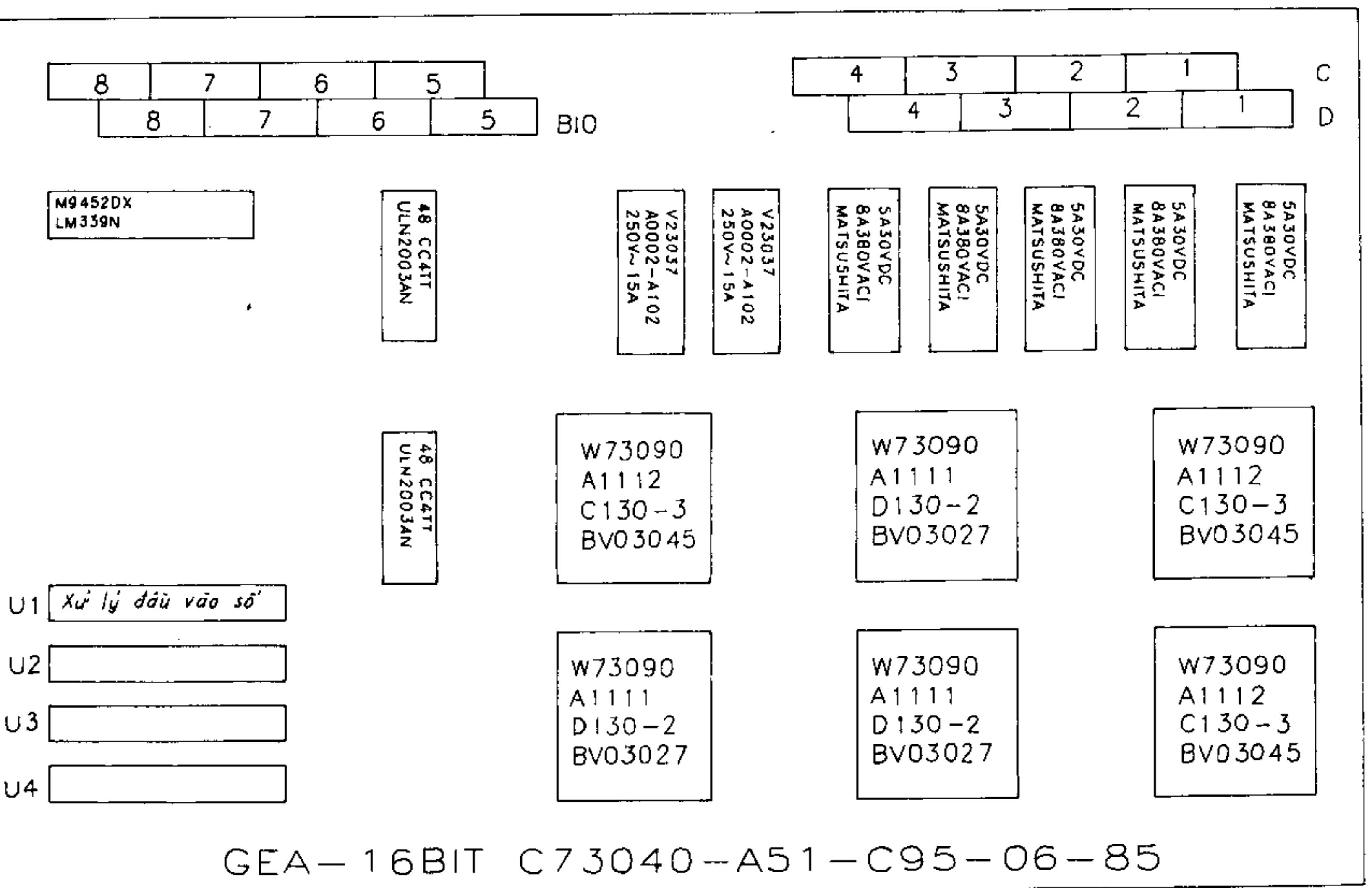
Hình P6-6. Hình dáng bên ngoài của môđun vào ra ZEA



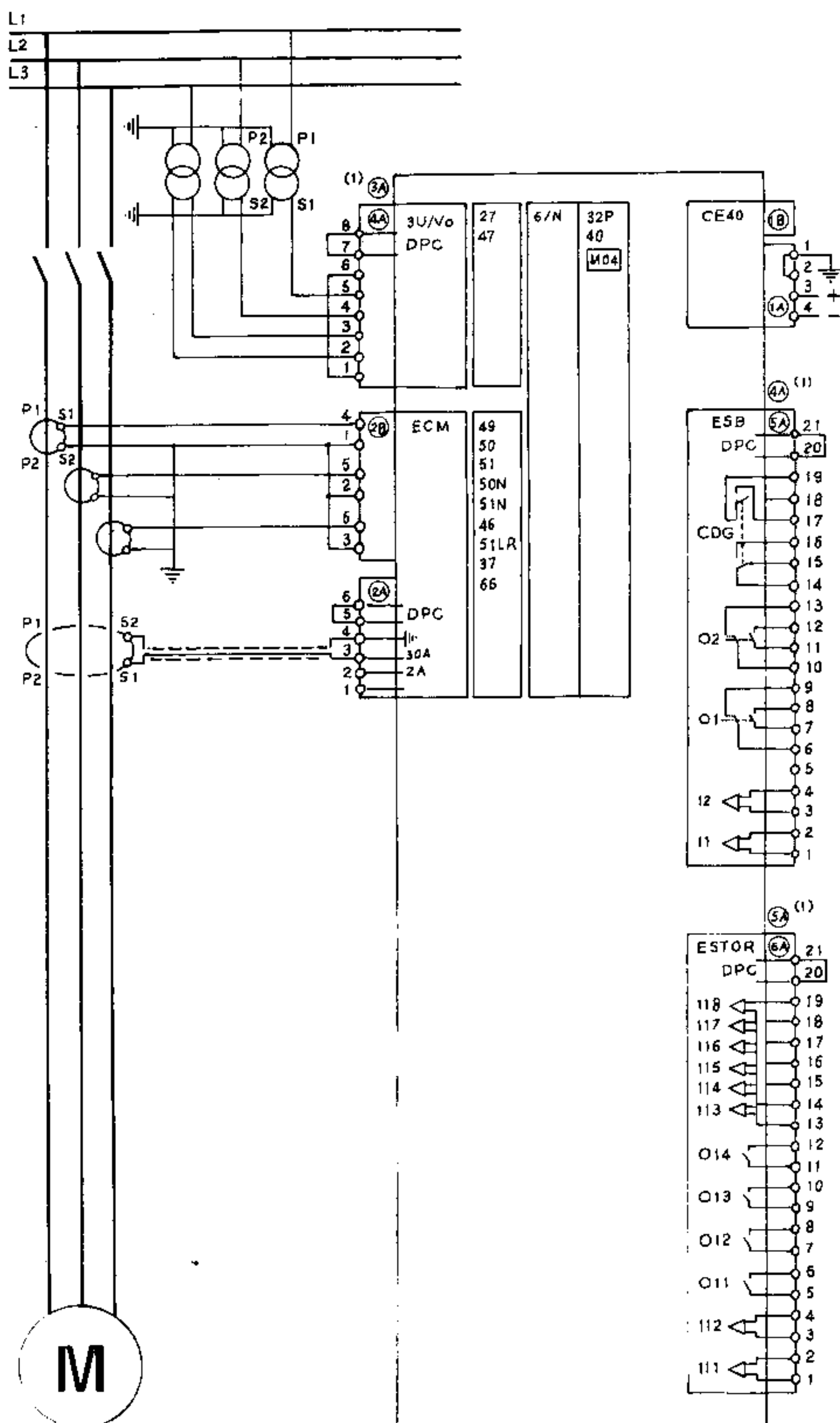
Hình P6-7. Hình dáng bên ngoài của môđun vào ra GEA



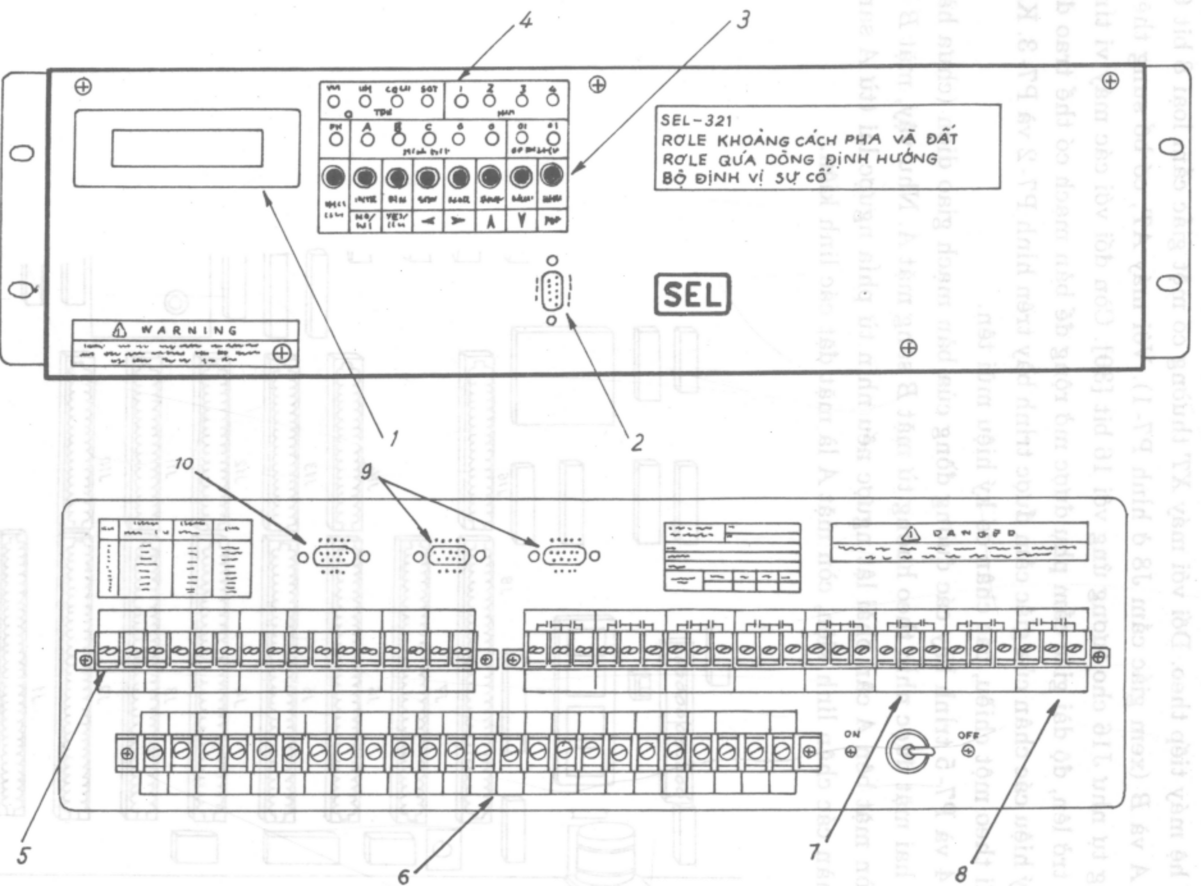
Hình P8-8. Vị trí các vi mạch trên môđun vào ra ZEA



Hình P8-8. Vị trí các vi mạch trên môđun vào ra GEA



Hình P6-11. Sơ đồ nối Sepam 2000 để bảo vệ động cơ

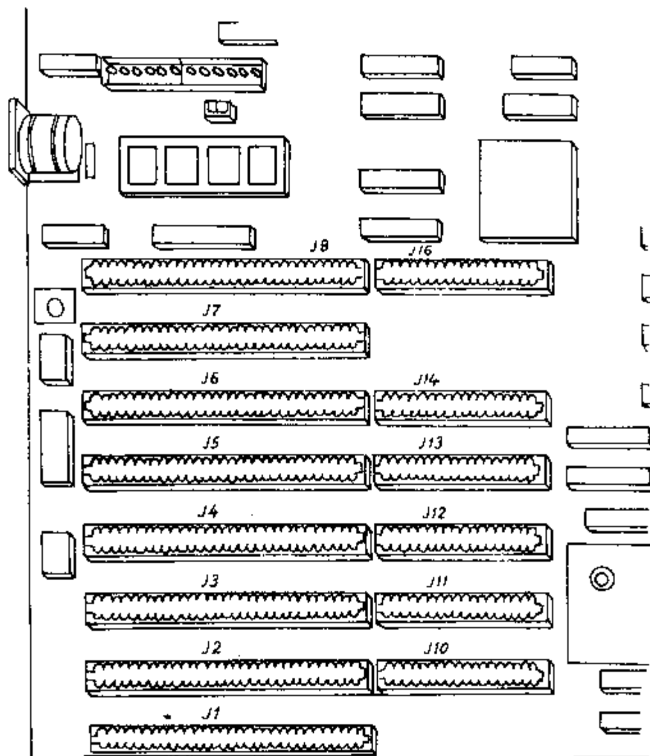


Hình P6-12. Hình dạng bên ngoài của rơle khoảng cách SEL-321: a. Mặt trước b. Mặt sau
1. Màn hình tinh thể lỏng; 2. Cổng tuần tự (ghép nối với máy tính và các thiết bị khác); 3. Các phím bấm; 4. Các đèn LED thông báo; 5. Các vít bắt của 16 đầu vào số (lập trình được); 6. Các vít bắt các đầu vào tương tự các BU, BI và nguồn cung cấp một chiều; 7. Mười lăm đầu ra lập trình được; 8. Đầu ra tín hiệu cảnh báo.

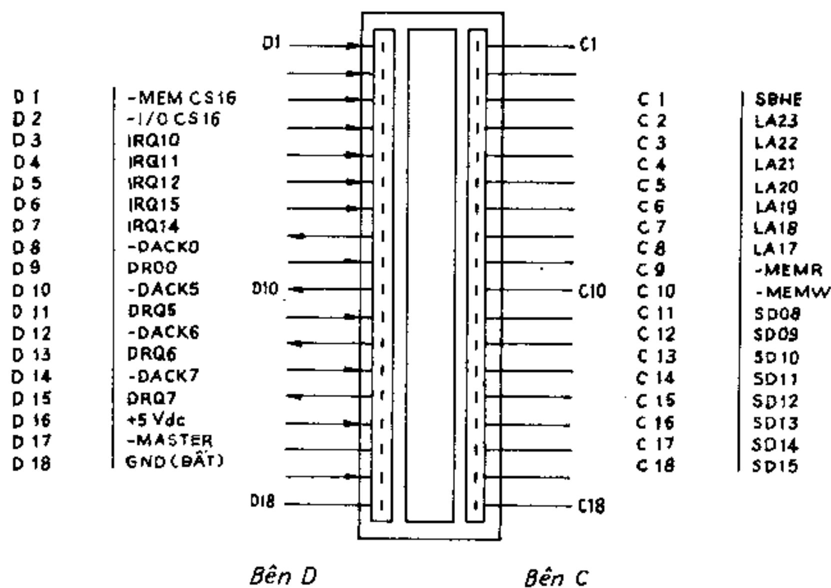
PHỤ LỤC 7. THIẾT BỊ THU THẬP THÔNG TIN DÙNG MÁY VI TÍNH

Thiết bị này thực chất là một bản mạch giao diện được cắm trên các giắc cắm đặt tại bản mạch chính (main board) của máy vi tính họ *PC* như *XT* (với bộ vi xử lý 80186), *AT* (80286) và các thế hệ máy tiếp theo. Đối với máy *XT* thường có một giắc cắm loại 8 bit 62 chân với hai hàng *A* và *B* (xem giắc cắm J8 ở hình P7-1). Với máy *AT*, có bổ sung thêm giắc cắm phụ tương tự như J16 cho tương ứng với 16 bit [30]. Còn đối với các máy vi tính thế hệ từ máy 386 trở lên, độ dài giắc cắm phụ được mở rộng để bản mạch có thể trao đổi thông tin 32 bit. Ký hiệu các chân của giắc cắm được trình bày trên hình P7-2 và P7-3. Khi tín hiệu chỉ được đi theo một chiều, các chân có ký hiệu mũi tên.

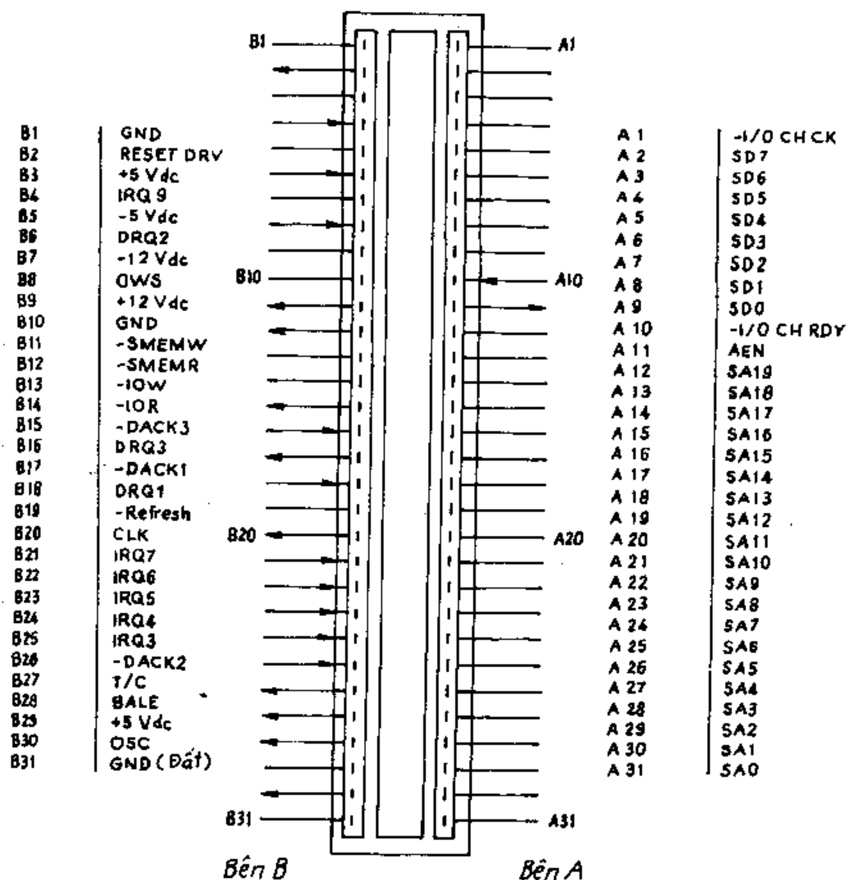
Trên hình P7-4 và P7-5 trình bày các đường đồng của bản mạch giao diện (chưa hàn linh kiện) bao gồm hai mặt được nhìn theo hướng từ mặt *B* sang mặt *A*. Như vậy, mặt *B* là mặt nhìn chuẩn, còn mặt bên *A* cần phải lật ngược nếu nhìn từ phía ngược lại (từ *A* sang *B*). Mặt *B* là mặt hàn các chân linh kiện, còn mặt *A* là mặt đặt các linh kiện.



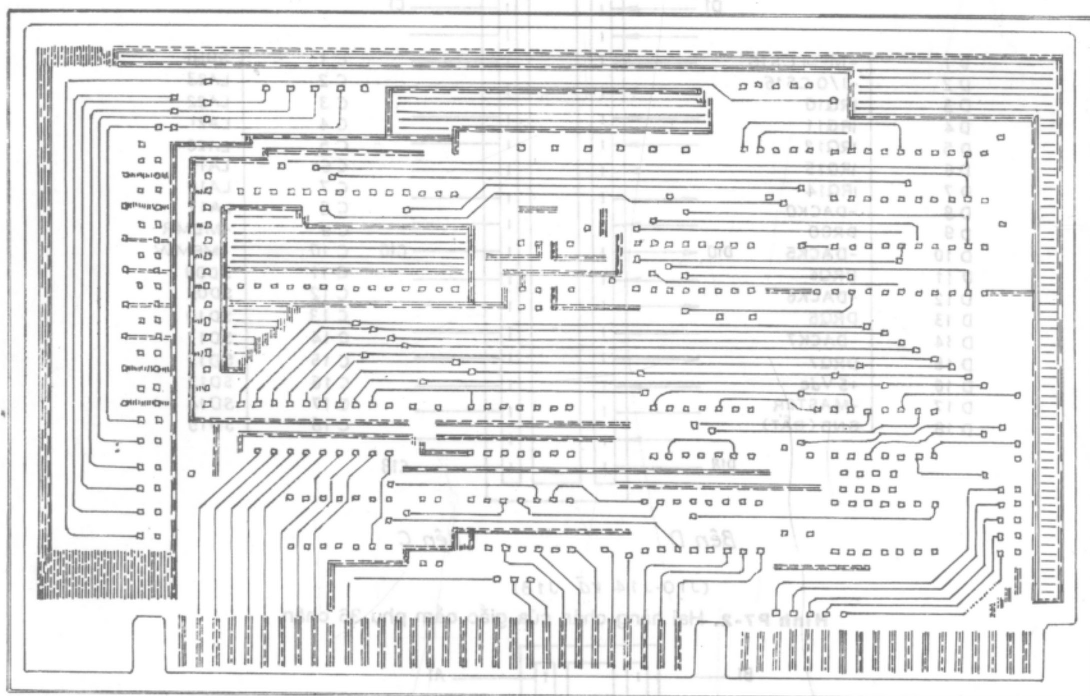
Hình P7-1. Vị trí các giắc cắm trên bản mạch chính máy vi tính AT286



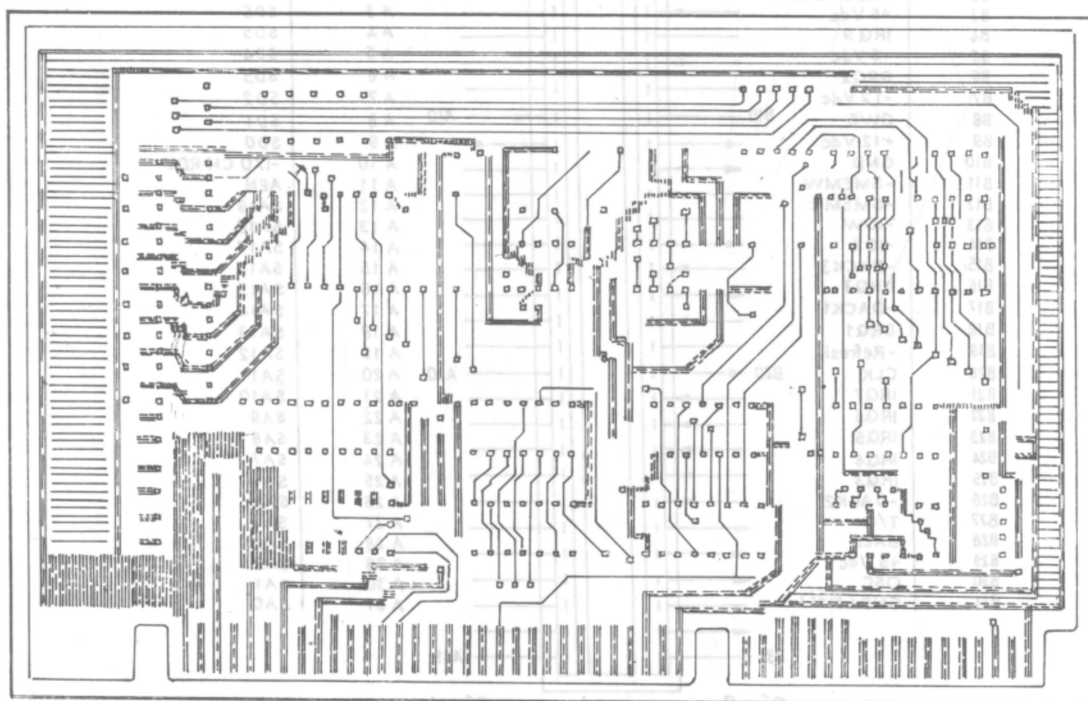
Hình P7-2. Hai hàng chân của giắc cắm phụ 36 chân



Hình P7-3. Ký hiệu các chân giắc cắm 8 bit 64 chân.



Hình P7-4. Các đường đồng của mặt đặt linh kiện bản mạch giao diện (bên A và C của các giắc cắm)



Hình P7-5. Các đường đồng của mặt hàn bản mạch giao diện (bên B và D của các giắc cắm)

Sau đây là một vài chương trình phần mềm viết cho thiết bị giao diện làm việc với máy vi tính viết trên Turbo Pascal.

Chương trình 1: Chương trình con viết cho thiết bị giao diện thu thập thông tin tương tự và số dùng cho máy vi tính (xem mục 5.14, hình 5-42). Các đầu vào số được tập trung ở đầu vào vi mạch 74SN150 bên ngoài (bộ biến đổi song song thành tuần tự, trên hình không vẽ), vi mạch này được điều khiển bởi các chân O_3-O_7 của bộ chốt U4 74LS374 của thiết bị giao diện và phát các tín hiệu số tuần tự (serial) qua chân DS 11 của giắc cắm số (DS) vào bộ giao diện qua cổng $31A (U7). Với sơ đồ như trên hình 5-42, nếu dùng 'SN150 có thể lấy cực đại 32 tín hiệu số.

```
PROCEDURE card ;
const addr = $318;
procedure Doctt; {Thực hiện phép chuyển đổi tương tự /số ở n đầu vào}
 var x: byte; i: integer;
 begin   for i:=1 to n do
   begin port[addr+1]:=1; x:=port[addr+4];
   repeat x:=port[addr+5];{Phát xung khởi động bộ chuyển đổi}
            x:=port[addr+3];
   until x and $2=$2; {Đợi cho chuyển đổi xong}
     u1 [i] := port[addr+6]; {Giá trị chuyển đổi dạng byte}  end; end;
procedure Docso; {Thực hiện các phép đọc m tín hiệu số}
 var x, i, j: integer;
 begin for j:=1 to m do begin x:=(j – 1) shl 3; {Bỏ qua các chân O0 -O2 của U4}
   port[addr+1]:=x; delay(1);  {Chọn địa chỉ đầu vào số bằng cách phát tín hiệu điều khiển qua DS tới 'SN150}
    u2[j] := port[addr+2]; {Đọc số liệu ở đầu vào số thứ j ở  74SN150 qua U7}
  end; end;
{Bắt đầu PROCEDURE card:}
begin Doctt; Docso; end;
```

Chương trình 2: Phần mềm cho thiết bị giao diện dùng để đo tần số từ 50 đến 1000 Hz (xem mục 9.9, hình 9-20).

```
var  byte_cao, byte_thap : byte;  x,y : integer;  z : real;
begin   clrscr;
  repeat     x:= port[$31c];    x:= port [$31d];
    repeat  x:= port[$31e];
    until (x and $80)<>0;       { Kết thúc xung vào cần đo}
      gotoxy(2,2); write ('byte_thap=' ,x, '     ' ); y:= port[$31e] and 15; y:=y+64;
      gotoxy(2,4); write ('byte_cao=' ,y, '      ' );  z:= y*256+x; z:=z/1000; z:= 1000/z;
      gotoxy(2,6); write ('tan_so=' , z:6:2, 'Hz' ); delay (200);
  until keypressed; end.
```

PHỤ LỤC 8. THIẾT BỊ TỰ ĐỘNG HÓA DÙNG TRONG CÔNG TÁC ĐIỀU ĐỘ

8.1. Sơ đồ khối của hệ thống điều độ

Trên hình P8-1 trình bày sơ đồ khối của hệ thống điều độ ngành điện lực hiện đại (hệ thống SINAUT SPECTRUM của Siemens) gồm ba phần: Hệ thống điều khiển, giám sát và thu thập dữ liệu (*SCADA*), hệ thống quản lý điện năng (*EMS*) và hệ thống quản lý phân phối (*DMS*). Các ô sáng là chỉ phần tử của hệ thống *SCADA*, còn các ô sẫm màu là phần mở rộng hệ thống này nằm trong *EMS* hoặc *DMS*. Chúng sử dụng chung mạng dữ liệu cục bộ của các máy tính *(LAN)* gồm mạng chính và mạng dự phòng.

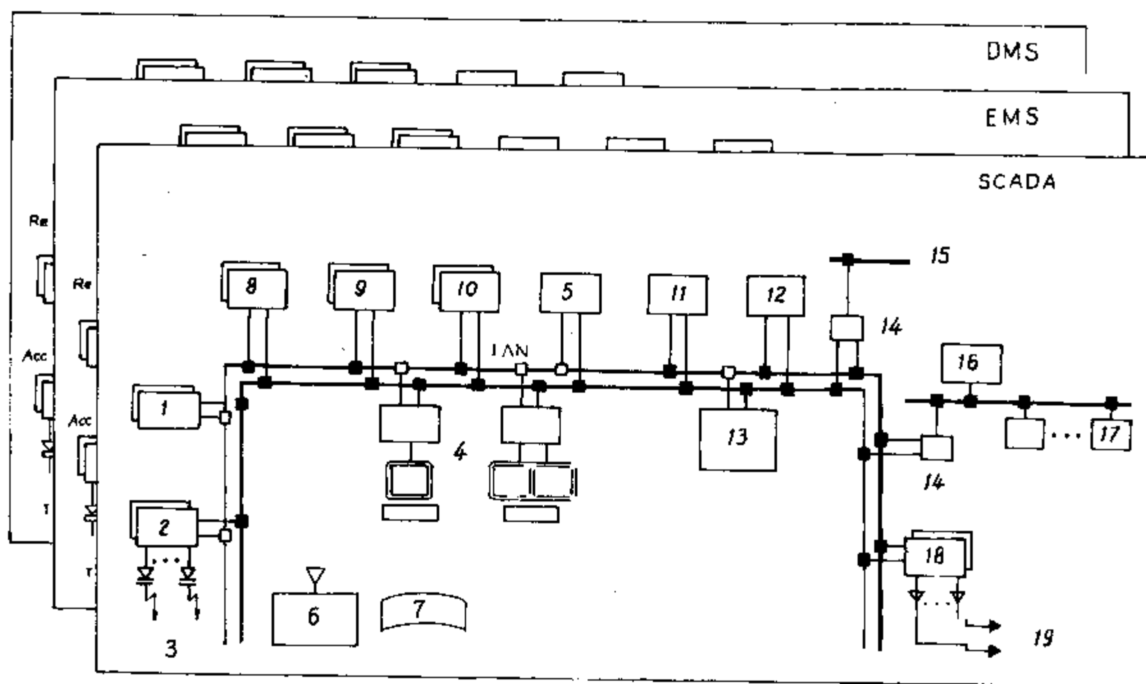
Hệ thống *SCADA* bao gồm các phần tử: 1, 2, 3, 4, 5 và *LAN*.

Hệ thống *EMS* bao gồm các phần tử: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 13, 14, 16, 17, và *LAN*.

Hệ thống *DMS* bao gồm 1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 13 và *LAN*.

8.2. Các thiết bị hiển thị thông tin hiện đại

Hình P8-2 giới thiệu màn hình hiển thị thông tin kiểu bức tường dùng trong công tác điều độ. Đây là bảng thông tin lớn gồm nhiều màn hình mỏng ghép lại với nhau. Sự gọn



Hình P8-1. Sơ đồ khối của hệ thống điều độ hiện đại.
1. Dữ liệu thời gian thực (kho lưu trữ); 2. Thu thập dữ liệu; 3. Tới các thiết bị đầu cuối phía xa (RTU); 4. Giao diện người sử dụng; 5. Hệ thống quản lý thông tin; 6. Điều khiển thời gian và tần số; 7. Bảng sơ đồ; 8. Các ứng dụng của EMS; 9. Các ứng dụng của DMS; 10. Phần tử dự phòng; 11. Hệ chuyên gia; 12. Hệ mô phỏng để đào tạo nhân viên điều độ; 13. Các thiết bị in ấn và sao chụp; 14. Các thiết bị bắc cầu và rẽ nhánh; 15. Mạng cục bộ của xí nghiệp; 16. Hệ thống thử nghiệm và phát triển; 17. Các nhóm lập trình; 18. Kết nối dữ liệu; 19. Các đường truyền dữ liệu đi xa.

nhẹ cũng như chất lượng hiển thị được bảo đảm nhờ sử dụng công nghệ màn hình tinh thể lỏng dùng tranzito màng mỏng (TFT- LCD).



Hình P8-2. Màn hình kiểu bức tường

Hình P8- 3 trình bày môđun hiển thị thông tin cỡ lớn dùng cho cá nhân (kích thước 1 x 0,75 m) sử dụng hệ thống thấu kính phóng đại.

Hình P8- 4 trình bày sơ đồ hệ thống điện được hiển thị trên màn hình kiểu tivi với các cửa sổ và tùy chọn đặc trưng cho các phần mềm ứng dụng viết trên hệ điều hành WINDOWS.

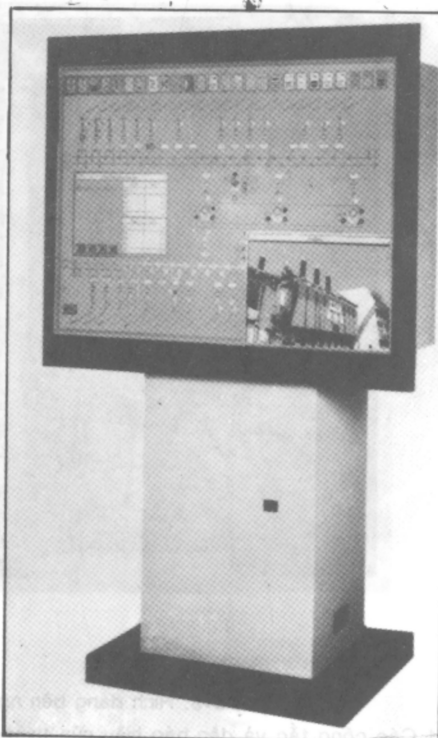
8.3. Các thiết bị đầu cuối (RTU)

Trên hình P8- 5 giới thiệu hình dáng bên ngoài của một *RTU* với các môđun vào ra lắp ghép được. Thiết bị này có các đầu vào ra số, tương tự, các cổng truyền tin tuần tự kèm theo giao diện thông tin.

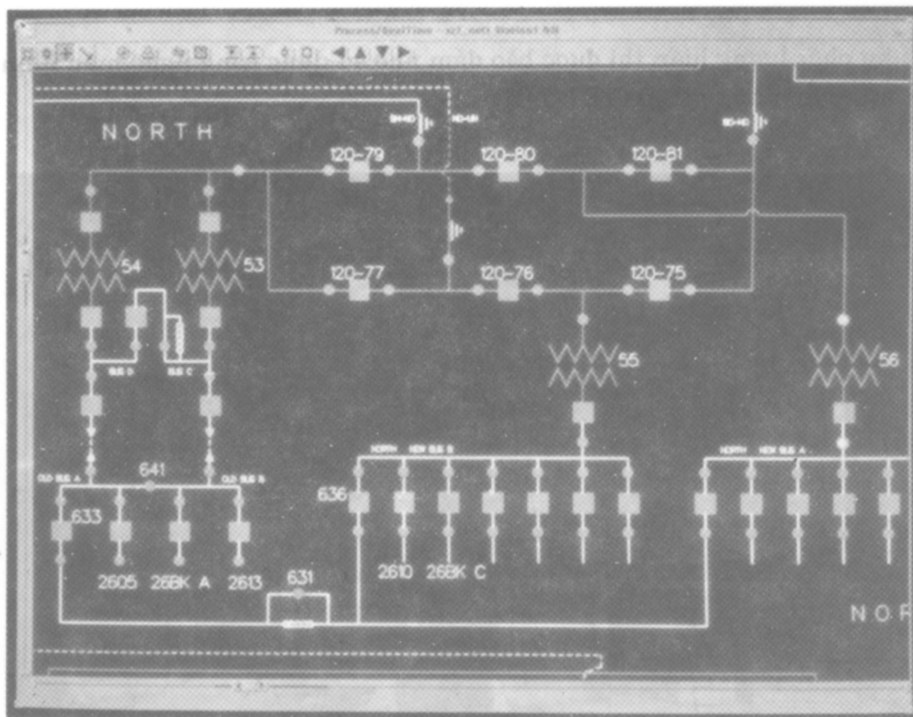
Hai kênh truyền tin được sử dụng kèm theo các giao diện thông tin là:

- IEC870- 5- 101 với vận tốc truyền tới 9600 baud.

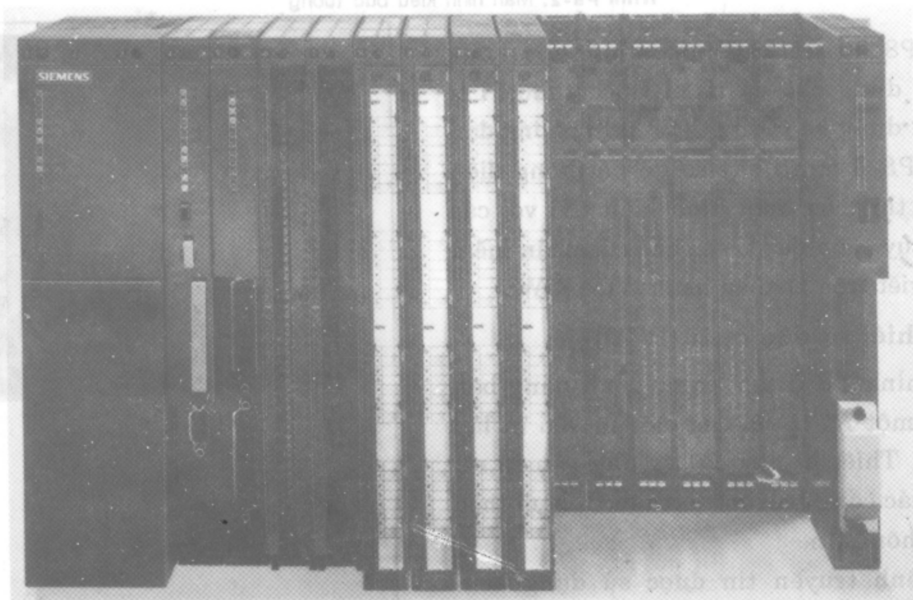
- SINAUT8- FW DPDM với vận tốc truyền tới 1200 baud.



Hình P8-3. Môđun màn hình cá nhân



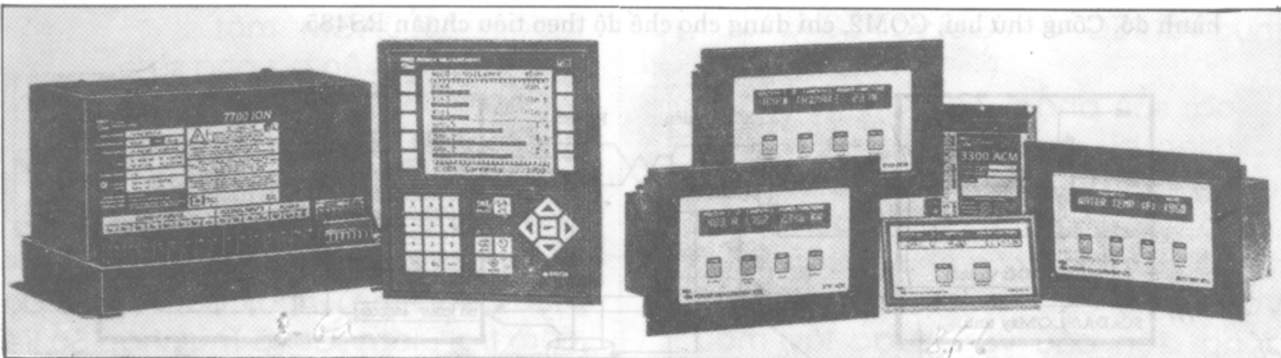
Hình P8-4. Sơ đồ hệ thống điện trên màn hình máy vi tính



Hình P8-5. Hình dáng bên ngoài của thiết bị đầu cuối SICAM (Siemens)

1. Các công tắc và đèn báo hiệu của thiết bị đầu cuối; 2. Môđun vào/ra lắp ghép được; 3. Đèn báo hiệu của môđun vào/ra; 4. Tiếp điểm ghép nối với bản mạch chính; 5. Các cổng thông tin tuần tự.

Trên hình P8-6a trình bày thiết bị RTU của hệ thống SCADA do hãng Power Measurement (Canada) chế tạo. Các phần tử thu thập thông tin loại này có khả năng lấy mẫu 128 lần trong một chu kỳ tần số công nghiệp cũng như phân tích độ méo sóng hài tới thành phần sóng hài thứ 63. Trên hình P8-6b là các thiết bị phụ trợ đo lường và hiển thị thông tin phù hợp với các ứng dụng SCADA. Chúng được lắp đặt tại chỗ hoặc tại trung tâm điều độ và nối tới thiết bị đầu cuối (RTU) 3300 ACM thông qua các cổng truyền tin chuẩn.

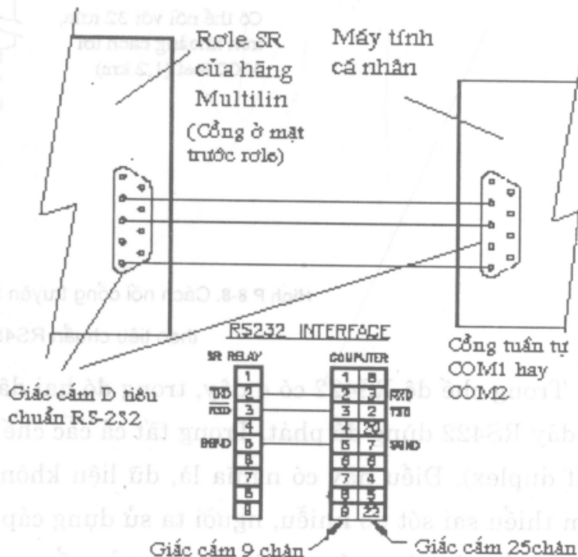


Hình P8-6. Các thiết bị của hệ thống SCADA do hãng Power Measurement (Canada) chế tạo

8.4. CÁCH NỐI RƠLE SỐ THEO CÁC TIÊU CHUẨN TRUYỀN TIN KHÁC NHAU

Sau đây trình bày một số cách nối rơle bảo vệ và quản lý xuất tuyến SR750 và SR760 của hãng Multilin tập đoàn General Electric (Mỹ) vào hệ thống SCADA, sử dụng các tiêu chuẩn truyền tin khác nhau.

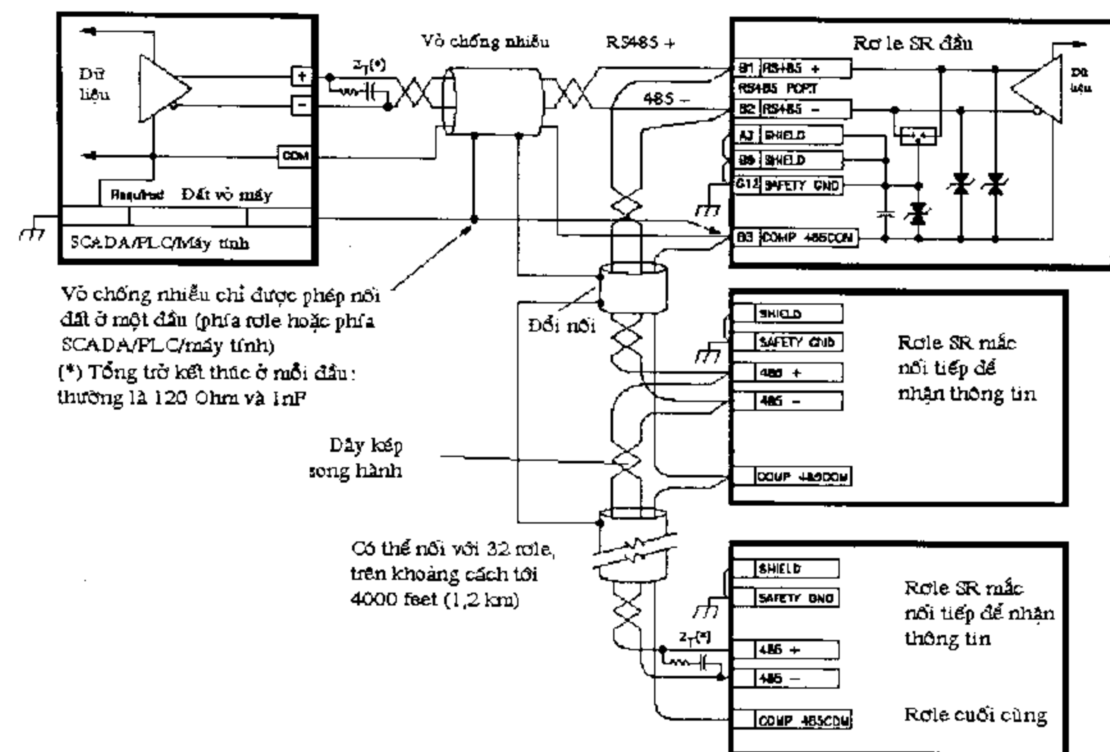
Các rơle SR750 và SR760 có cổng tuần tự RS232 kiểu D9 chân ở mặt trước của chúng dùng để làm việc với phần mềm SR750/760 PC Program trong máy vi tính khi cài đặt các thông số bảo vệ và nâng cấp các phần cứng (tương tự như phần mềm SELPLOT của hãng SEL và DIGSI của Siemens). Cách nối cáp truyền tin chuẩn 9 chân theo tiêu chuẩn RS232C từ máy tính ra rơle được trình bày trên hình P8-7.



Hình P 8-7. Cách nối rơle SR với máy vi tính để cài đặt thông số cho rơle

Ngoài ra, các rơle SR750 và SR760 còn có hai cổng truyền tin ở mặt sau có thể được sử dụng đồng thời. Cả hai cổng này đều dùng các giao thức AEG Modicon Modbus cũng như Harris Distributed Network (DNP). Qua các cổng nói trên có thể thực hiện liên tục việc giám sát và điều khiển rơle từ một máy tính phía xa, hay từ hệ thống SCADA hoặc thiết bị PLC.

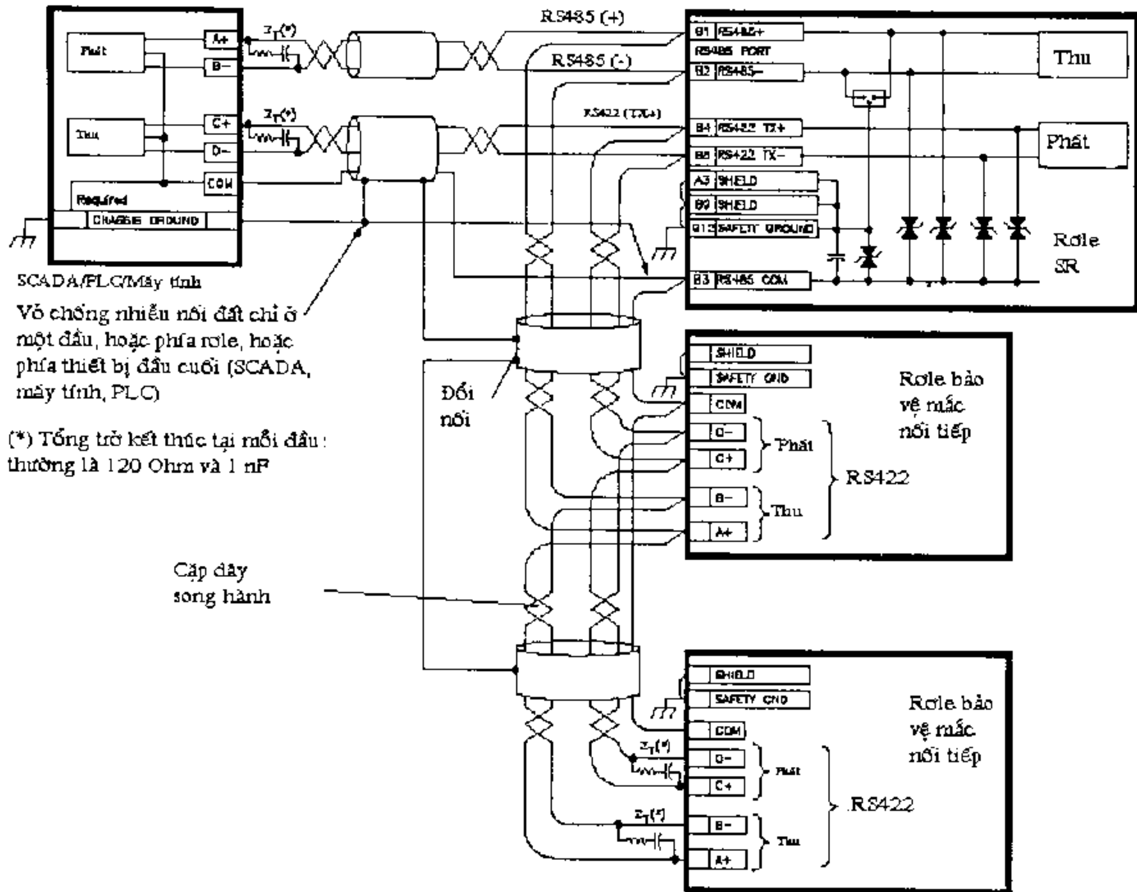
Cổng thứ nhất, COM1 có thể được sử dụng trong chế độ tiêu chuẩn RS485 hai dây truyền hoặc tiêu chuẩn RS422 bốn dây truyền, song không làm việc trong cả hai chế độ đồng thời. Trong chế độ RS485, việc phát và thu dữ liệu được thực hiện thông qua một cặp dây song hành duy nhất, với thao tác thu phát được thay phiên nhau qua chính hai dây song hành đó. Cổng thứ hai, COM2, chỉ dùng cho chế độ theo tiêu chuẩn RS485.



Hình P 8-8. Cách nối cổng truyền tin của rơle SR theo tiêu chuẩn RS485.

Trong chế độ RS422 có 4 dây, trong đó hai dây sử dụng cổng của RS485 để thu tin, còn hai dây RS422 dùng để phát. Trong tất cả các chế độ, luồng dữ liệu thuộc kiểu nửa đối ngẫu (half duplex). Điều này có nghĩa là, dữ liệu không bao giờ được phát và thu đồng thời. Để giảm thiểu sai sót do nhiễu, người ta sử dụng cáp song hành có bọc vỏ chống nhiễu. Khi đó, cần chú ý tuân theo các cực âm dương của cổng ra dây truyền. Thí dụ, các rơle SR cần phải nối với tất cả các đầu B1 của các rơle (ký hiệu COM1 RS485 +) được ghép chung vào một mối, còn tất cả các đầu B2 (ký hiệu COM1 RS485 –) được nối chung với nhau. Đầu B3 (ký hiệu COM1 RS485 COM) được nối với dây chung luồn bên trong vỏ bảo vệ chống nhiễu (xem hình P8-8). Để tránh dòng mạch vòng qua đất, vỏ bảo vệ chỉ được nối đất tại một điểm. Mỗi

rơle có thể được nối theo kiểu mắt xích thành một chuỗi trong đường truyền. Có thể nối như vậy với số rơle cực đại là 32 mà không gây quá tải cho việc truyền tin. Đối với các hệ thống lớn hơn, cần phải dùng thêm các kênh tuần tự giống như vậy hoặc sử dụng các bộ lặp tín hiệu cho số rơle lớn hơn 32 trong một kênh. Cách mắc sao hay nhánh cụt là hoàn toàn không được phép.



Hình P 8-9. Cách nối cổng truyền tin của rơle SR theo tiêu chuẩn RS422.

Các dòng sét hay dòng đất đột biến có thể tạo ra sự chênh áp lớn tức thời giữa hai đầu dây truyền tin. Vì nguyên nhân này, các mạch bảo vệ quá áp được cài đặt sẵn bên trong rơle ở cả hai cổng truyền tin. Việc sử dụng nguồn điện cung cấp độc lập trong mỗi rơle với bộ giao diện cách ly dữ liệu kiểu quang-điện cũng cho phép giảm thiểu các nhiễu do ghép nối. Để đảm bảo độ tin cậy lớn nhất, tất cả các thiết bị cần phải được mắc mạch bảo vệ quá độ dưới dạng tổng trở Z_T như trên các hình P8-8, P8-9.

8.5. GIAO THỨC TRUYỀN TIN MODICON MODBUS

8.5.1. Khái niệm chung

Đây là loại giao thức được dùng rộng rãi trong việc truyền tin ngành hệ thống điện, thí dụ có thể thấy trong các thiết bị của GEC Alsthom (Anh-Pháp), GE Multilin (Mỹ), Power Management (Canada)... Chúng có hai biến thể chính là mã kiểu RTU (thiết bị đầu cuối phía xa) và mã kiểu ASCII. Tuỳ theo từng hãng, các giao thức có thể thay đổi ít nhiều. Tuy vậy, hiện nay mã kiểu RTU thường được dùng hơn cả trong việc truyền tin của hệ thống SCADA. Đây thực chất là giao thức kiểu HDLC (Điều khiển liên kết số liệu mức độ cao, xem mục 10.2.4). Sau đây sẽ trình bày loại giao thức Modicon Modbus dùng trong hệ SCADA của hãng GE Multilin, áp dụng cho rơle quản lý máy biến áp (Transformer Management) SR745. Điều này cho phép có thể hiểu được ý nghĩa của các gói thông tin truyền đi giữa rơle bảo vệ với hệ SCADA, qua đó có thể tác động trở lại việc giám sát, lập trình và điều khiển các rơle từ xa. Việc truyền tin với hệ SCADA được thực hiện tại các cổng COM1 và COM2 ở phía sau rơle SR745, sử dụng tiêu chuẩn (phần cứng) RS485 và RS422 hay ở cổng mặt trước rơle dùng tiêu chuẩn RS232 để nối với máy vi tính (xem cụ thể cách nối ở mục 8.4 của phần phụ lục).

Như đã trình bày ở mục 10.2.4, một khung giao thức kiểu HDLC giới hạn trong cờ mở và cờ đóng chứa 4 trường qui định trình tự của gói thông tin. Trong giao thức Modicon Modbus, mỗi trường được gói trong một khung riêng rẽ, có 1 bit start, 8 bit dữ liệu, 1 bit stop và có thể có thêm bit chẵn lẻ (parity), nghĩa là giống một khung dữ liệu kiểu ASCII bình thường có 10 hay 11 bit (xem hình 10-2). Mỗi giao thức gồm 4 khung như vậy. Thông báo được coi là kết thúc khi không có dữ liệu truyền trong khoảng thời gian nào đó. Giao thức Modicon Modbus trong hệ SCADA được lập trình theo phương thức chủ / tớ (Master/Slave), trong đó các rơle thường được coi là thiết bị tớ, còn máy tính giám sát được coi là thiết bị chủ.

Việc đồng bộ thông báo khi truyền tin được duy trì bằng cách thúc ép về mặt thời gian. Thiết bị thu cần phải đo thời gian giữa các lần nhận ký tự. Nếu 3,5 lần thời gian nhận một ký tự trôi qua mà không có thêm ký tự mới thì đường truyền sẽ tự giải trừ (nghĩa là tất cả các thiết bị tớ bắt đầu chờ nghe lần hỏi mới từ thiết bị chủ). Như vậy, tại tốc độ truyền 1200 baud, khoảng trễ tín hiệu lớn hơn 3,5.1/1200.10 = 29,2 ms sẽ khiến đường truyền bị giải trừ. Tại tốc độ truyền 9600 baud, khoảng trễ tín hiệu lớn hơn 3,5.1/9600.10 = 3,6 ms sẽ khiến đường truyền bị giải trừ. Các thông báo hỏi của thiết bị chủ sẽ được trả lời trong vòng sớm hơn 50 ms.

8.5.2. Khuôn dạng của gói dữ liệu

Giống như khuôn dạng của giao thức HDLC (xem hình 10-4), qui trình hỏi đáp của giao thức Modicon Modbus có dạng như sau:

Khuôn dạng thông báo hỏi của thiết bị chủ:

Địa chỉ của thiết bị tớ	(1 byte, gói trong 1 khung)
Mã chức năng	(1 byte, gói trong 1 khung)
Dữ liệu	(thay đổi tùy theo mã chức năng)
Kiểm tra phần dư theo định kỳ CRC	(2 byte, gói trong một khung)

Khuôn dạng thông báo trả lời của thiết bị tớ (rơle):

Địa chỉ của thiết bị tớ	(1 byte, gói trong 1 khung)
Mã chức năng	(1 byte, gói trong 1 khung)
Dữ liệu	(thay đổi tuỳ theo mã chức năng)
Kiểm tra phần dư theo định kỳ CRC	(2 byte, gói trong một khung)

Như vậy, địa chỉ của thiết bị chủ coi như mặc nhiên đã biết, chỉ cần nêu địa chỉ của các thiết bị tớ (rơle) trong các câu hỏi đáp. Cụ thể ý nghĩa của các byte trên như sau:

Địa chỉ thiết bị tớ: Đây là byte đầu tiên trong mỗi thông báo. Byte này thể hiện địa chỉ được gán cho người sử dụng của thiết bị tớ (rơle) cần nhận thông báo của thiết bị chủ. Mỗi một thiết bị tớ cần phải được gán một địa chỉ duy nhất, và chỉ thiết bị tớ có địa chỉ đó sẽ trả lời lại thông báo bắt đầu bởi địa chỉ này. Trong thông báo hỏi của thiết bị chủ, địa chỉ của thiết bị tớ là để khẳng định địa chỉ của nơi sẽ gửi câu trả lời. Một thông báo hỏi của thiết bị chủ có địa chỉ 0 có nghĩa là một lệnh phát tin, tất cả các thiết bị tớ trong mạng khi nhận được lệnh này sẽ thao tác dựa theo thông báo, nhưng không thiết bị tớ nào trả lời. Chế độ phát tin (broadcast mode) này chỉ được nhận dạng khi kết hợp với mã chức năng là 05H, 06H và 10H (H hay Hex chỉ cơ số 16). Với bất kỳ mã chức năng khác, thông báo trong chế độ phát tin có địa chỉ thiết bị tớ bằng 0 sẽ bị bỏ qua.

Mã chức năng: Đây là byte thứ hai có trong mọi thông báo. Giao thức Modbus định nghĩa các mã chức năng từ 1 đến 127, còn trong rơle SR745 của hãng Multilin có cải tiến thêm một số chức năng đó. Trong thông báo hỏi của thiết bị chủ, mã chức năng báo cho thiết bị tớ cần phải thực hiện thao tác nào đó do nhà sản xuất thiết bị tớ định nghĩa từ trước. Trong thông báo trả lời của thiết bị tớ, nếu mã chức năng được gửi từ thiết bị tớ trùng với mã chức năng gửi từ thiết bị chủ từ trước thì có nghĩa thiết bị tớ đã thực hiện chức năng như yêu cầu. Nếu tất cả các bit byte cao của mã chức năng gửi từ thiết bị tớ là 1 (nghĩa là nếu mã chức năng lớn hơn 7FH) thì thiết bị tớ trong trường hợp này đã không thực hiện chức năng như được yêu cầu và đang gửi tín hiệu trả lời lỗi hay ngoại lệ.

Dữ liệu : Có thể bao gồm số lượng byte thay đổi tuỳ theo mã chức năng chứa các giá trị thực tế, các tham số đặt của bảo vệ hay các địa chỉ do thiết bị chủ gửi đến thiết bị tớ hoặc ngược lại.

Kiểm tra phần dư theo định kỳ (CRC): Đây là mã kiểm tra lỗi truyền gồm có hai byte. Biến thể RTU của giao thức Modbus bao gồm hai byte CRC-16 (16 bit Cyclic Redundancy Check) trong mỗi một thông báo. Thuật toán CRC-16 chủ yếu xử lý toàn bộ dòng dữ liệu (chỉ xử lý các bit dữ liệu, các bit start, stop và chẵn lẻ bị bỏ qua) như là một số nhị phân liên tục (không đứt quãng). Đầu tiên số này được dịch sang trái 16 bit và sau đó chia cho đa thức đặc tính (B11000000000000101 gồm 12 số 0, B chỉ cơ số 2). Số dư 16 bit còn lại của phép chia gọi

là CRC được đính vào phần cuối của thông báo, bắt đầu từ byte lớn nhất MSB, sau đó là byte nhỏ nhất LSB. Thông báo tạo thành gồm cả phần kiểm tra phần dư theo định kỳ CRC, khi được chia cho chính đa thức đặc tính đó ở đầu nhận sẽ phải cho phần dư bằng 0 nếu không có lỗi truyền tin nào xảy ra. Nếu thiết bị tớ nhận được một thông báo trong đó có chỉ ra lỗi phát hiện bởi phép tính CRC-16 thì thiết bị này sẽ không trả lời thông báo. Lỗi CRC chỉ ra rằng có một hay hai byte của thông báo đã được nhận không đúng và như vậy toàn bộ thông báo cần phải bỏ để thiết bị tớ không thực hiện thao tác sai nào đó. Thuật toán tính CRC-16 là phương phát tiêu chuẩn trong công nghiệp dùng để phát hiện lỗi truyền tin.

8.5.3. Thuật toán kiểm tra phần dư theo định kỳ CRC-16

Khi thuật toán sau đây được thực hiện, thanh ghi làm việc "A" của bộ vi xử lý ở đầu phát sẽ chứa giá trị CRC cần phát đi. Ta chú ý là thuật toán này yêu cầu phải có đa thức đặc tính để đảo trình tự bit. Bit có giá trị lớn nhất có thể được bỏ đi vì nó không làm ảnh hưởng đến giá trị của phần dư. Các ký hiệu sau đây sẽ được dùng trong thuật toán:

Các ký hiệu:

$\rightarrow$	tải dữ liệu
A	thanh ghi làm việc 16 bit
A_{LOW}	byte cấp thấp của thanh ghi A
CRC	giá trị của CRC-16 nhị phân 16 bit
i,j	các bộ đếm vòng lặp
(+)	phép toán logic HOẶC tuyệt đối (EXCLUSIVE-OR)
N	số lượng tất cả các byte dữ liệu
D_i	byte dữ liệu thứ i (i=0 đến N-1)
G	đa thức đặc tính 16 bit = 10100000000001 (nhị phân) với bit lớn nhất bị bỏ đi sau đó đảo trình tự bit
shr(x)	phép toán dịch phải (bit thấp nhất của số x bị dịch phải sang bit cờ nhớ, số 0 được dịch vào vị trí của bit cao nhất của x, tất cả các bit còn lại dịch sang phải một vị trí).

Thuật toán. Gồm các bước sau đây:

1.	FFFF(hex) $\rightarrow$ A	
2.	0 $\rightarrow$ i	
3.	0 $\rightarrow$ j	
4.	D_i (+) $A_{LOW} \rightarrow A_{LOW}$	
5.	j + 1 $\rightarrow$ j	
6.	shr(A)	
7.	Có phải nhớ (carry) không? Không: tới bước 8	
		Có: G(+) A$\rightarrow$ A và tiếp tục.
8.	j = 8 ?	Không: tới bước 5
		Có: tiếp tục.
9.	j +1 $\rightarrow$ i	
10.	i = N ?	Không: tới bước 3
		Có: tiếp tục
11.	A $\rightarrow$ CRC	

8.5.4. Các mã chức năng được sử dụng

Byte thứ hai của mỗi thông báo đều là mã chức năng ứng với thao tác mà rơle cần phải thực hiện. Giao thức Modbus định nghĩa tới 127 chức năng khác nhau, từ 01H đến 7FH. Tuỳ theo từng thiết bị (rơle, PLC, kiểu...), người chế tạo chỉ sử dụng giao thức có chứa một vài chức năng trong số nói trên. Trong rơle kiểu SR của hã ng Multilin (Mỹ) có các chức năng như trình bày trong bảng P8-1. Vì một vài loại PLC chỉ hoạt động với các mã chức năng 03H (hoặc 04H) và 10H, hầu hết các lệnh theo giao thức Modbus này có thể thực hiện được bằng cách đọc hay ghi vào địa chỉ có trong bản đồ bộ nhớ của thiết bị (thí dụ, rơle quản lý máy biến áp SR745) sử dụng các mã chức năng nói trên. Một số các mã chức năng có mã thay thế có thể thay đổi cho nhau. Cả hai loại mã đều có khuôn dạng thông báo như nhau và thực hiện các thao tác như nhau. Việc sử dụng loại mã này hay mã kia của rơle phụ thuộc vào loại PLC làm việc cùng với nó có trong mạng đang dùng mã chức năng nào, thí dụ 03H hay 04H.

Bảng P 8-1. **Các mã chức năng ở rơle kiểu SR của hãng Multilin**

Mã chức năng		Định nghĩa	Mô tả	Chức năng thay thế
Hex	Dec			
03	3	Đọc các thông số thực tế hay giá trị đặt	Đọc các thanh ghi chứa giá trị thực tế (dòng, áp lưới điện...) hay giá trị đặt (dòng khởi động...) từ một hay nhiều địa chỉ thanh ghi liên tiếp nhau trong bản đồ bộ nhớ của thiết bị tớ cho thiết bị chủ	04 Hex
04	4			03 Hex
05	5	Thực hiện thao tác	Thực hiện các thao tác của rơle (đối với SR745 như đóng, cắt, chỉnh nấc điện áp máy biến áp...)	10 Hex
06	6	Ghi nhớ một giá trị đặt	Ghi một giá trị đặc thù nhận được từ thiết bị chủ vào một thanh ghi giá trị đặt	10 Hex
10	16	Ghi nhớ nhiều giá trị đặt	Ghi nhiều giá trị đặc thù nhận được từ thiết bị chủ vào nhiều thanh ghi giá trị đặt	---

a) Mã *đọc các thông số thực tế hay các giá trị đặt (Read Actual Values or Setpoints).* Để hiểu được ý nghĩa của mã chức năng, ta xét cụ thể một mã trong số đó là mã 03H (04H) tức mã *đọc các thông số thực tế hay các giá trị đặt.* Trong giao thức Modbus, mã này có tên khác là *đọc các thanh ghi lưu giữ số liệu* (Read Holding Registers). Rơle SR của hã ng Multilin coi các thanh ghi lưu giữ này là các thanh ghi chứa các thông số thực tế (như dòng áp, công suất của đối tượng bảo vệ) hay giá trị đặt trong bản đồ bộ nhớ của rơle. Đó là các thanh ghi 16 bit cho phép phát các byte cao ra trước. Mã chức năng này giúp cho thiết bị chủ

đọc được một hay nhiều giá trị đặt hay thông số thực tế lưu giữ liên tiếp nhau từ thiết bị tớ. Số lượng lớn nhất các giá trị như vậy trong một thông báo có thể lên tới 120.

Thí dụ: Thiết bị chủ cần đọc 3 giá trị thanh ghi từ địa chỉ 0200 của thiết bị tớ 11 (dạng mã cơ số 16 tức H hay Hex). Khi đó khuôn dạng thông báo có trong chương trình điều khiển của thiết bị chủ sẽ có dạng như sau:

Thông báo hỏi của thiết bị chủ	**Thí dụ mã lệnh (cơ số 16 Hex) và ý nghĩa**	
Địa chỉ thiết bị tớ	11	thông báo hỏi cho thiết bị tớ 11
Mã chức năng	03	đọc các giá trị thanh ghi
Địa chỉ khởi đầu phần dữ liệu (byte cao)	02	dữ liệu bắt đầu tại địa chỉ 0200
Địa chỉ khởi đầu phần dữ liệu (byte thấp)	00	
Số lượng thanh ghi (byte cao)	03	3 giá trị thanh ghi = 6 byte
Số lượng thanh ghi (byte thấp)	00	
CRC (byte thấp)	06	
CRC (byte cao)	E3	

Sau tối đa là 50 ms, thiết bị chủ sẽ nhận được các dòng lệnh gửi từ thiết bị tớ như sau (chú ý mỗi byte có thể biểu diễn bằng hai chữ số cơ số 16):

Thông báo trả lời của thiết bị tớ	**Mã lệnh (Hex) và ý nghĩa**	
Địa chỉ thiết bị tớ	11	thông báo trả lời từ thiết bị tớ 11
Mã chức năng	03	đọc các giá trị thanh ghi
Số lượng byte	06	3 giá trị thanh ghi =6 byte
Dữ liệu #1 (byte cao)	02	
Dữ liệu #1 (byte thấp)	2B	giá trị thanh ghi tại địa chỉ 0200 là 022B
Dữ liệu #2 (byte cao)	00	
Dữ liệu #2 (byte thấp)	00	giá trị thanh ghi tại địa chỉ 0201 là 0000
Dữ liệu #3 (byte cao)	00	
Dữ liệu #3 (byte thấp)	64	giá trị thanh ghi tại địa chỉ 0202 là 0064
CRC (byte thấp)	C8	
CRC (byte cao)	BA	

b) Mã *thực hiện thao tác* (Execute Operation) 05H:

Tên theo giao thức Modbus: Bắt một cuộn thao tác (Force Single Coil).

Mã chức năng này cho phép thiết bị chủ thực hiện các thao tác khác nhau trong rơle SR. Tham số giá trị mã (code value) gồm hai byte là FF00 cần được gửi sau mã thao tác nếu muốn thao tác nói trên thực sự được thực hiện.

Thí dụ: Thiết bị chủ yêu cầu thiết bị tớ 11 (rơle quản lý máy biến áp SR745) thực hiện thao tác giải trừ (để chuẩn bị cho lần thao tác bảo vệ mới). Khi đó khuôn dạng thông báo có trong chương trình điều khiển của thiết bị chủ sẽ có dạng như sau:

Thông báo hỏi của thiết bị chủ		Thí dụ mã lệnh (cơ số 16 Hex) và ý nghĩa	
Địa chỉ thiết bị tớ		11	thông báo hỏi cho thiết bị tớ 11
Mã chức năng		05	thực hiện thao tác
Mã thao tác	(byte cao)	00	
Mã thao tác	(byte thấp)	01	giải trừ từ xa
Giá trị mã	(byte cao)	FF	
Giá trị mã	(byte thấp)	00	thực hiện thao tác
CRC (byte thấp)		DF	
CRC (byte cao)		6A	

Sau tối đa là 50 ms, thiết bị chủ sẽ nhận được các dòng lệnh gửi từ thiết bị tớ như sau (chú ý mỗi byte có thể biểu diễn bằng hai chữ số cơ số 16):

Thông báo trả lời của thiết bị tớ		Mã lệnh (Hex) và ý nghĩa	
Địa chỉ thiết bị tớ		11	thông báo trả lời từ thiết bị tớ 11
Mã chức năng		05	thực hiện thao tác
Mã thao tác	(byte cao)	00	
Mã thao tác	(byte thấp)	01	giải trừ từ xa
Giá trị mã	(byte cao)	FF	
Giá trị mã	(byte thấp)	00	thực hiện thao tác
CRC (byte thấp)		DF	
CRC (byte cao)		6A	

Mã thao tác có các giá trị như sau:

0000 (không thao tác), 0001 (giải trừ từ xa), 0002 (kích hoạt việc lưu giữ một tín hiệu tương tự vào bộ nhớ - Trace Memory Trigger), 0003 (xoá dữ liệu nhu cầu phụ tải cực đại), 0004 (xóa dữ liệu bản ghi sự kiện), 0005 (xoá dữ liệu), 0006 (xoá bộ nhớ tín hiệu tương tự thông số hệ thống - trace memory) 0007 (xoá dữ liệu năng lượng qua máy biến áp).

c) Mã *ghi nhớ một giá trị đặt* (Store Single Setpoint) 06H :

Tên trong giao thức Modbus: Đặt giá trị cho một thanh ghi (Preset Single Register)

Mã chức năng này cho phép thiết bị chủ thay đổi nội dung của một thanh ghi chứa giá trị đặt trong thiết bị tớ. Phản ứng của thiết bị tớ đối với mã chức năng này là hồi đáp (echo) lại toàn bộ thông báo hỏi của thiết bị chủ.

Thí dụ: Thiết bị chủ yêu cầu thiết bị tớ 11 (rơle quản lý máy biến áp SR745) thực hiện việc ghi giá trị 00C8 vào địa chỉ giá trị đặt 1100 . Khi đó khuôn dạng thông báo có trong chương trình điều khiển của thiết bị chủ sẽ có dạng như sau:

Thông báo hỏi của thiết bị chủ	Thí dụ mã lệnh (cơ số 16 Hex) và ý nghĩa	
Địa chỉ thiết bị tớ	11	thông báo hỏi cho thiết bị tớ 11
Mã chức năng	06	ghi nhớ một giá trị đặt
Địa chỉ khởi đầu phần dữ liệu (byte cao)	11	
Địa chỉ khởi đầu phần dữ liệu (byte thấp)	00	dữ liệu bắt đầu tại địa chỉ 1100

Dữ liệu (byte cao)	00	
Dữ liệu (byte cao)	C8	dữ liệu đối với địa chỉ 1100 = 00C8
CRC (byte thấp)	8F	
CRC (byte cao)	F0	

Sau tối đa là 50 ms, thiết bị chủ sẽ nhận được các dòng lệnh gửi từ thiết bị tớ như sau (chú ý mỗi byte có thể biểu diễn bằng hai chữ số cơ số 16):

Thông báo trả lời của thiết bị tớ	**Mã lệnh (Hex) và ý nghĩa**	
Địa chỉ thiết bị tớ	11	thông báo trả lời từ thiết bị tớ 11
Mã chức năng	06	ghi nhớ một giá trị đặt
Địa chỉ khởi đầu phần dữ liệu (byte cao)	11	
Địa chỉ khởi đầu phần dữ liệu (byte thấp)	00	dữ liệu bắt đầu tại địa chỉ 1100
Dữ liệu (byte cao)	00	
Dữ liệu (byte cao)	C8	dữ liệu đối với địa chỉ 1100 = 00C8
CRC (byte thấp)	8F	
CRC (byte cao)	F0	

d) Mã *ghi nhớ nhiều giá trị đặt* (Store Multiple Setpoints) 10H :

Tên trong giao thức Modbus: Đặt giá trị cho nhiều thanh ghi (Preset Multiple Register)

Mã chức năng này cho phép thiết bị chủ thay đổi nội dung của một hay nhiều thanh ghi liên tiếp nhau chứa giá trị đặt trong thiết bị tớ. Các thanh ghi giá trị đặt là loại 16 bit với byte cao được phát trước. Số lượng cực đại các thanh ghi giá trị đặt trong một thông báo là 60.

Thí dụ: Thiết bị chủ yêu cầu thiết bị tớ 11 (rơle quản lý máy biến áp SR745) thực hiện việc ghi giá trị 00C8 vào địa chỉ giá trị đặt 1100, và ghi giá trị 0001 vào địa chỉ giá trị đặt 1101. Khi đó khuôn dạng thông báo có trong chương trình điều khiển của thiết bị chủ sẽ có dạng như sau:

Thông báo hỏi của thiết bị chủ	**Thí dụ mã lệnh (cơ số 16 Hex) và ý nghĩa**	
Địa chỉ thiết bị tớ	11	thông báo hỏi cho thiết bị tớ 11
Mã chức năng	10	ghi nhớ nhiều giá trị đặt
Địa chỉ khởi đầu phần dữ liệu (byte cao)	11	
Địa chỉ khởi đầu phần dữ liệu (byte thấp)	00	dữ liệu bắt đầu tại địa chỉ 1100
Số lượng giá trị đặt (byte cao)	00	
Số lượng giá trị đặt (byte thấp)	02	2 giá trị đặt = tất cả 4 byte
Số lượng byte	04	4 byte dữ liệu
Dữ liệu # 1 (byte cao)	00	
Dữ liệu # 1 (byte thấp)	C8	dữ liệu đối với địa chỉ 1100 = 00C8
Dữ liệu # 2 (byte cao)	00	
Dữ liệu # 2 (byte thấp)	01	dữ liệu đối với địa chỉ 1101 = 0001
CRC (byte thấp)	27	
CRC (byte cao)	01	

Sau tối đa là 50 ms, thiết bị chủ sẽ nhận được các dòng lệnh gửi từ thiết bị tớ như sau (chú ý mỗi byte có thể biểu diễn bằng hai chữ số cơ số 16):

Thông báo trả lời của thiết bị tớ	**Mã lệnh (Hex) và ý nghĩa**	
Địa chỉ thiết bị tớ	11	thông báo trả lời từ thiết bị tớ 11
Mã chức năng	10	ghi nhớ nhiều giá trị đặt
Địa chỉ khởi đầu phần dữ liệu (byte cao)	11	
Địa chỉ khởi đầu phần dữ liệu (byte thấp)	00	dữ liệu bắt đầu tại địa chỉ 1100
Số lượng giá trị đặt (byte cao)	00	
Số lượng giá trị đặt (byte thấp)	02	2 giá trị đặt = tất cả 4 byte
CRC (byte thấp)	46	
CRC (byte cao)	64	

8.5.5. Các trả lời ngoại lệ từ thiết bị tớ

Các lỗi lập trình hay lỗi thao tác xảy ra thường do nguyên nhân có dữ liệu không hợp lệ trong thông báo hay do các vấn đề phần cứng hoặc phần mềm về phía thiết bị tớ. Các lỗi này tạo ra các thông báo trả lời ngoại lệ của thiết bị này. Thiết bị tớ khi phát hiện ra một trong các dạng lỗi loại này sẽ gửi thông báo trả lời cho thiết bị chủ, trong đó bao gồm địa chỉ của thiết bị tớ, mã chức năng, mã lỗi (error code) và CRC. Để chỉ ra thông báo trả lời đang là một ghi nhận lỗi, bit cao của mã chức năng do thiết bị tớ trả lời sẽ được đưa lên thành 1. Các ý nghĩa của mã lỗi trong thông báo dùng giao thức Modbus như sau:

01 (chức năng không hợp lệ), 02 (địa chỉ dữ liệu không hợp lệ), 03 (giá trị dữ liệu không hợp lệ), 04 (thiết bị liên quan đến chức năng bị sự cố, thí dụ thiết bị tớ cần lấy dữ liệu tại các địa chỉ bị hỏng) ...

Thí dụ: Thiết bị chủ yêu cầu thiết bị tớ 11 thực hiện mã chức năng không hợp lệ (không có trong danh mục) là 39H. Khi đó, toàn bộ trình tự hỏi đáp sẽ như sau:

Thông báo hỏi của thiết bị chủ	**Thí dụ mã lệnh (cơ số 16 Hex) và ý nghĩa**	
Địa chỉ thiết bị tớ	11	thông báo hỏi đối với thiết bị tớ 11
Mã chức năng	39	mã chức năng không có (lỗi)
CRC (byte thấp)	CD	
CRC (byte cao)	F2	

Thông báo trả lời của thiết bị tớ	**Mã lệnh (Hex) và ý nghĩa**	
Địa chỉ thiết bị tớ	11	thông báo trả lời từ thiết bị tớ 11
Mã chức năng	B9	mã chức năng không hợp lệ bị trả về với bit cao nhất bị đưa lên 1 (00111001 nhị phân thành 10111001 nhị phân hay 39H thành B9H)
Mã lỗi	01	chức năng không hợp lệ
CRC (byte thấp)	93	
CRC (byte cao)	95	

8.5.6. Đọc các bản ghi sự kiện

Tất cả các dữ liệu của bản ghi sự kiện trong thiết bị tớ có thể được đọc từ các thanh ghi theo giao thức Modbus trong khoảng địa chỉ 0800H-0FFFH.

Thanh ghi *số lượng sự kiện tổng cộng từ lần xoá cuối* (Total Number of Events Since Last Clear) tại địa chỉ H0804 tự động tăng lên 1 khi có một sự kiện mới xảy ra. Thanh ghi này bị xoá về 0 khi bản ghi sự kiện bị xoá. Khi một sự kiện mới xảy ra, nó được gán số thứ tự có giá trị bằng giá trị vừa được tăng lên của nội dung thanh ghi này. Sự kiện mới nhất sẽ có số thứ tự bằng *số lượng sự kiện tổng cộng*. Thanh ghi có thể được dùng để xác định xem có sự kiện nào mới diễn ra không bằng cách đọc thanh ghi theo định kỳ để xem nội dung của nó có bị thay đổi không. Nếu số lượng sự kiện tổng cộng tăng lên thì có sự kiện mới dã xảy ra.

Chỉ có dữ liệu của một sự kiện có thể đọc từ bản đồ bộ nhớ của Modbus trong mỗi gói dữ liệu truyền đi. Thanh ghi *chỉ mục chọn bản ghi sự kiện* (Event Record Selector Index) tại địa chỉ H0805 sẽ chọn số thứ tự sự kiện cần đọc từ bản đồ bộ nhớ. Thí dụ, để đọc dữ liệu của sự kiện thứ 123, đầu tiên giá trị 123 cần phải được ghi vào thanh ghi này. Bây giờ tất cả dữ liệu của sự kiện thứ 123 có thể được đọc từ các thanh ghi *dữ liệu bản ghi sự kiện* tại các địa chỉ H0830 đến H0866. Thí dụ, trong rơle SR745 chỉ lưu giữ 128 sự kiện cuối trong bộ nhớ của nó. Việc cố gắng lấy dữ liệu của các sự kiện cũ hơn không còn lưu giữ nữa chỉ tạo ra câu trả lời ngoại lệ Modbus (xem 8.5.5 phần phụ lục) khi ta ghi số thứ tự của sự kiện đó vào thanh ghi chỉ mục chọn bản ghi sự kiện.

Thí dụ sau đây minh hoạ cách thức lấy thông tin từ bản ghi sự kiện:

Một hệ thống SCADA lần lượt quét thanh ghi *số lượng sự kiện tổng cộng* của rơle phía xa mỗi phút một lần. Bây giờ hệ thống này đọc được giá trị 27 từ thanh ghi này thay cho 24 so với lần trước, điều này nghĩa là có 3 sự kiện mới xảy ra trong một phút cuối này. Hệ thống SCADA ghi giá trị 25 vào thanh ghi *chỉ mục chọn bản ghi sự kiện*, sau đó nó đọc dữ liệu của sự kiện thứ 25 từ các thanh ghi *dữ liệu bản ghi sự kiện* và ghi nhớ dữ liệu đó vào bộ nhớ bền vững để người điều hành có thể lấy ra được. Bây giờ nó ghi tiếp giá trị 26 vào thanh ghi *chỉ mục chọn bản ghi sự kiện*, sau đó lại đọc dữ liệu của sự kiện thứ 26. Thao tác được lặp lại đối với sự kiện 27. Tất cả các sự kiện mới xảy ra với thiết bị phía xa như vậy đã được hệ thống SCADA thu thập, do vậy nó kết thúc việc quét thanh ghi số lượng sự kiện tổng cộng của rơle phía xa.

8.5.7. Đọc bộ nhớ các tín hiệu tương tự (Trace Memory)

Tất cả các dữ liệu bộ nhớ các tín hiệu tương tự (còn gọi là vết - trace, chỉ các giá trị tương tự của thông số dòng điện sự cố, điện áp v..v..) có thể được đọc từ các thanh ghi Modbus trong khoảng địa chỉ H4000-H47FF.

Nội dung thanh ghi *số lần kích hoạt nhớ vết tổng cộng* (Total Number of Trace Triggers Since Last Clear) tại địa chỉ H4004 được tăng lên 1 mỗi lần kích hoạt nhớ tín hiệu tương tự. Thanh ghi này được xoá về 0 khi *bộ nhớ các vết* được xoá đi. Khi lần khởi động nhớ mới được thực hiện, bộ đệm nhớ vết được gán số thứ tự kích hoạt bằng với giá trị

vừa tăng lên của thanh ghi này. Bộ đệm nhớ mới nhất có số thứ tự kích hoạt bằng với nội dung thanh ghi *số lần kích hoạt nhớ vết tổng cộng*. Thanh ghi này được dùng để xác định xem có kích hoạt nhớ nào mới xảy ra không bằng cách đọc xem nội dung của nó có bị thay đổi không.

Chỉ có dữ liệu của một kênh đồ thị của một vết có thể đọc được từ bản đồ bộ nhớ Modbus trong một lần. Thanh ghi *chỉ mục chọn bộ đệm vết* (Trace Buffer Selector Index) tại địa chỉ H4006 sẽ chọn kênh nhớ vết, nơi có thể đọc dữ liệu sóng hài từ bản đồ bộ nhớ. Thí dụ, trong rơle SR745, để đọc dữ liệu sóng hài của dòng pha C cuộn dây 1 máy biến áp trong bộ đệm nhớ 5 thì giá trị 5 cần phải ghi vào thanh ghi chỉ mục chọn bộ đệm vết, và giá trị 2 (vì mỗi dữ liệu có khuôn dạng F65) phải được ghi vào thanh ghi chỉ mục chọn kênh vết (Trace Channel Selector Index). Tất cả các dữ liệu sóng hài thu được của bộ đệm 5 tại kênh "dòng pha C cuộn dây 1" bây giờ có thể được đọc ra từ các thanh ghi *dữ liệu bộ nhớ vết* (Trace Memory Data) tại các địa chỉ H4010 đến H4416. Chỉ có các bộ đệm của ba lần kích hoạt nhớ vết cuối là thực sự được nhớ trong bộ nhớ của rơle. Cố gắng thu thập dữ liệu của những lần kích hoạt nhớ vết cũ hơn sẽ gây ra thông báo trả lời ngoại lệ (báo lỗi) kiểu Modbus khi ghi vào thanh ghi chỉ mục chọn bộ đệm vết.

Thí dụ sau đây minh hoạ cách thức lấy thông tin từ bộ nhớ vết của rơle phía xa:

Một hệ thống SCADA quét thanh ghi *số lần kích hoạt nhớ vết tổng cộng* của rơle này mỗi phút một lần. Bây giờ nó đọc giá trị 6 từ thanh ghi này so với lần cũ là 5, nghĩa là có một kích hoạt mới được thực hiện trong phút vừa qua. Hệ SCADA ghi giá trị 6 vào thanh ghi chỉ mục chọn bộ đệm vết, sau đó nó ghi giá trị 0 vào thanh ghi chỉ mục chọn kênh vết, đọc dữ liệu sóng hài đối với dòng pha A cuộn dây 1 máy biến áp của bộ đệm 6 từ các thanh ghi dữ liệu bộ nhớ vết và cuối cùng ghi các dữ liệu này vào bộ nhớ bền vững để điều độ viên có thể lấy ra dễ dàng. Bây giờ hệ thống SCADA ghi giá trị 1 vào thanh ghi chỉ mục chọn kênh vết rồi đọc dữ liệu sóng hài đối với dòng pha B cuộn dây 1. Nó cứ tiếp tục ghi các số thứ tự của các kênh vết khác vào thanh ghi này, mỗi lần đều có đọc dữ liệu sóng hài cho đến khi tất cả các kênh của bộ đệm 6 đều được đọc ra. Bây giờ tất cả các dữ liệu sóng hài của lần kích hoạt nhớ vết mới nhất này đã được thu thập bởi hệ thống SCADA, do vậy nó kết thúc việc quét thanh ghi số lần kích hoạt nhớ vết tổng cộng của rơle phía xa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Trần Đình Chân*. Các phần tử của thiết bị tự động trong hệ thống điện lực. ĐHBK, Hà Nội, 1984.

2. *Nguyễn Hồng Thái*. Phần tử tự động trong hệ thống điện. ĐHBK, Hà Nội, 1994.

3. *Trần Đình Long, Trần Đình Chân, Nguyễn Hồng Thái*. Bảo vệ rơle trong hệ thống điện. ĐHBK, Hà Nội, 1993.

4. *Trịnh Hùng Thám, Nguyễn Hữu Khái, Đào Quang Thạch, Lã Văn Út, Phạm Văn Hòa, Đào Kim Hoa*. Nhà máy điện và trạm biến áp. Phần điện. Nhà xuất bản KHKT, 1991.

5. *Hoàng Hữu Thận*. Thiết kế bảo vệ rơle. Thành phố HCM, 1993.

6. Viện khoa học tính toán và điều khiển. Kỹ thuật vi xử lý. Nhà xuất bản Thống kê. Hà Nội, 1983.

7. *Bùi Đình Tiếu, Nguyễn Trọng Thuần*. Một số ứng dụng của thiết bị điện từ, điện tử và bán dẫn trong máy sản xuất. Nhà xuất bản KHKT, 1985.

8. *Quách Tuấn Ngọc*. Xử lý tín hiệu số. Quyển 1, tập 1. ĐHBK, Hà Nội, 1990.

9. *Richard Roeper*. Ngắn mạch trong hệ thống điện. Nhà xuất bản KHKT,Hà Nội, 1996.

10. *Trần Mạnh Sỹ*. Đồ án tốt nghiệp - K31 TC, Hệ thống điện. ĐHBK, Hà Nội, 1996.

11. *Nguyễn Việt Hưng*. Đồ án tốt nghiệp - K37, Hệ thống điện. ĐHBK, Hà Nội, 1997.

12. *Б.Е. Коковин*. Фильтры симметричных составляющих в релейной защите. "Энергия" М, 1968.

13. *Н.И. Овричeнко*. Аналоговые и цифровые элементы автоматических устройств в энергосистеме. М. Энергоиздат, 1989.

14. *В.Л. Фабрикант и др.* Элементы устройств релейной защиты и автоматики энергосистем и их проектирования. "Высш. школа". М, 1981

15. Релейная защита понижающих транформаторов и автотрансформаторов 110 - 500 кв. Расчеты. М. Энергоатомиздат, 1985.

16. *Е.В. Лысенко*. Функциональные элементы релейных устройств на ИМС. М. Энергоатомиздат, 1990.

17. *Siemens. inc.* Relays 7SJ512, 7SJ531, 7UT513, 7SA511, 7SA513. Instruction manuals, 1995.

18. *Gec Alsthom*. Digital current differential relay type LFCB102.Service manual.

19. *SEL inc.* Phase and ground distance - directional overcurrent relay - fault locator SEL - 321. Instruction manual, 1993.

20. *A.R. Van C. Warrington*. Protective relays: their theory and practice. Vol.1. London. Chapman & Hall, 1962.

21. *Gec Alsthom*. Protective relay application guide, 1990.

22. *Siemens*. Protection and substation control. Seminar in Hanoi / Vietnam, 6-1994.

23. *Hope G.S, Umamaheswaran V.S.* Sampling for computer protection of transmission line // IEEE Trans. on parts. 1974. Vol. 93, N5, p. 1522 - 1530.

24. *E.O. Schweitzer, III, J. Roberts.* Distance relay element design. 47 th annual Georgia tech protective relaying conference. Georgia. April, 1993.

25. *J. Roferts, A. Guzman, E.O. Schweitzer, III.* Z = V/I does not make a distance relay. 20 th annual western protective relay conference. Washington. October, 1993.

26. *Michael. K. Barnoski.* Fundamentals of optical fiber communications. Academic Press, inc, 1981.

27. *Art Margolis.* Troubleshooting and repairing the new personal computers. TAB books inc, 1988.

28. *Jonathan A. Tutus.* The Bugbook VII: Microcomputer analog converter. Software & hardware interfacing with experiments for 8080A/Z80/8085 system. E&L Instruments, inc. The Blacksburg group, Blasburg, VA 24060. Jan, 1978.

29. *Thomas R. Blakeslee.* Digital design with standard MSI and LSI. California USA, 1975.

30. *IBM.* AT 286 personal computer hardware reference, 1986.

31. Les systems de distribution éléctrique: Enjeux, contraints et solutions. Colloque. Hanoi. Septembre, 1995.

32. *FRAKO* Kondensatoren - und Anlagenbau GmbH. Power Factor Correction Capacitors. Adv. leaflet.

33. *А.М. Федосеев.* Основы релейной защиты. Государственное энергетическое издательство, 1961.

MỤC LỤC

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
70 TRẦN HƯNG ĐẠO - HÀ NỘI - 2000

Tác giả: **Nguyễn Hồng Thái**

Chịu trách nhiệm xuất bản	: Pgs.Pts. **TÔ ĐĂNG HẢI**
Biên tập	: NGUYỄN NGỌC, PHẠM VĂN
Sửa bông	: NGUYỄN THỊ KHOÁI
Vẽ bìa	: HƯƠNG LAN

In 600 cuốn khổ 19 x 27 cm, tại Xưởng in NXB Văn hoá Dân tộc.
Giấy phép xuất bản số: 546 – 58 – 12 / 9 / 05.
In xong và nộp lưu chiểu quý II / 2006.



1956 - 2006

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
50 NĂM XÂY DỰNG
VÀ PHÁT TRIỂN

Giá: 69.000đ